

Niko Koivisto

Maamassojen hallinta sähköisen järjestelmän kautta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

2.5.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Niko Koivisto Maamassojen hallinta sähköisen järjestelmän kautta 41 sivua + 2 liitettä 2.5.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Arto Mäkinen, Tekninen johtaja Mika Räsänen, Lehtori
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Pohjola Rakennus Oy Infralle. Työn tavoitteena oli kehittää sähköinen massanhallinnan järjestelmä, jonka avulla voidaan koota tietoa massanhallintaan liittyvistä asioista. Valmiiseen massanhallinnan järjestelmään voitaisiin syöttää tietoa kiviainestoimittajista, ylijäämämaiden vastaanottoaikoista, varastointialueista, yrityksen omista työmaista ja niiden massojen tarpeesta ja tarjonnasta. Järjestelmä esittäisi kootusti valikoituja tietoja 3D-kartalla, jotta kohteiden sijainteja ja tarjontaa voidaan verrata keskenään.</p> <p>Insinöörityön esitutkimuksessa perehdyttiin maa-ainesten luokitukseen ja niiden ominaisuuksiin, ulkoisten massojen hallintaan, massojen käyttöä koskeviin määräyksiin, massojen hallinnan apuvälineisiin sekä massojen muunnoksiin. Insinöörityön tutkimus toteutettiin haastattelemalla yrityksen henkilöstöä yksilö- ja pienryhmissä.</p> <p>Insinöörityön tuloksena luotiin Excelillä sähköinen massanhallinnan järjestelmä, johon kerätään massanhallinnan kannalta olennaisia kohteita ja niiden tietoja. Massanhallinnan järjestelmä esittää massanhallinnan kohteiden sijaintien lisäksi niihin liittyvää tarkempaa tietoa 3D-kartalla.</p> <p>Kehitystyön tuloksena saatu massanhallinnan järjestelmä toimii ajantasaisena massanhallinnan tietopankkina sekä materiaalipörssinä yrityksen työmaiden välillä. Järjestelmän avulla voidaan vertailla massanhallinnan eri kohteita ja niiden ominaisuuksia sekä sijaintia työmaihin nähden. Massanhallinnan järjestelmä kehitettiin palvelemaan niin työmaiden, kuin toimistonkin massojenkäytön suunnittelun ja toteutuksen tarpeita hankkeen jokaisessa vaiheessa.</p>	
Avainsanat	Massojenhallinta, massaseuranta, massalaskenta, määräykset, kiviainekset, tilavuusyksiköt

Author Title	Niko Koivisto Management of Aggregates Via an Electronic System
Number of Pages Date	41 pages + 2 appendices 2 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Engineering
Professional Major	Civil Engineering
Instructors	Arto Mäkinen, Technical Manager Mika Räsänen, Senior Lecturer
<p>This engineering thesis was made for Pohjola Rakennus Ltd. Infra. The aim was to develop an electronic aggregate management system to gather information about aggregate managing related issues. Information could be inserted for the aggregate management system on aggregate suppliers, landfill sites, land storage areas and construction sites of the company with the need and supply of their aggregates. The system would display collated data on a 3D map to help compare the locations and the supply of these objects.</p> <p>The preliminary study of the engineering thesis was based on the classification and properties of soil materials, the management of external aggregates, the provisions on the use of aggregates, tools for aggregate management and unit conversions for aggregate use. The survey of the engineering thesis was conducted by interviewing company staff both individually and in small groups.</p> <p>As the result, an electronic aggregate management system was created with Excel. The system collects information that is substantive to aggregate management. The aggregate management system, in addition to the locations of the aggregate management related objects, also provides more detailed information on them on the 3D map.</p> <p>The aggregate management system works as an up-to-date aggregate management data bank and as material trading place between the company's construction sites. The system can be used to compare the different objects of aggregate management and their properties, as well as their location in relation to the construction sites. The aggregate management system was developed to cater the aggregate usage design and implementation needs of both construction sites and office at each stage of the construction project.</p>	
Keywords	Aggregate management, aggregate usage surveillance, aggregate calculation, regulations, volume units

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoite	2
2	Maa-ainesten luokitus ja ominaisuudet	3
2.1	Kivennäisaineet	4
2.1.1	Savi ja siltti	4
2.1.2	Hiekka	5
2.1.3	Sora ja murske	5
2.1.4	Moreeni	7
2.2	Muut massat	8
2.2.1	Eloperäiset maalajit	9
2.2.2	Multa	9
2.2.3	Asfaltti	9
3	Ulkoisten massojen hallinta	11
3.1	Kiviainesasemat	11
3.1.1	Kiviainesten laatu	12
3.2	Massojen välivarastointi	13
3.3	Maankaatopaikat ja ylijäämämaiden vastaanotto	14
4	Massojen käyttöä koskevat määräykset	16
4.1	Laki	16
4.2	Luvanvarainen toiminta	17
4.3	Rakennussuunnitelmien rajoitukset	19
5	Työmaan massojen hallinnan apuvälineitä	22
5.1	Massalaskenta tietomallista	22
5.2	Massalaskenta suunnitelmakuvista	22
5.3	Massaseuranta toteutuneista määristä	23
6	Massojen muunnokset	24
6.1	Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet	24
6.2	Massat tonneina	28

7	Massojenhallintajärjestelmä	29
7.1	Tutkimustulosten yhteenveto	29
7.1.1	Toteutus	29
7.1.2	Tutkimuksen tulokset	29
7.2	Massanhallinnan järjestelmän käyttäminen	31
7.2.1	Lähtötiedot	31
7.2.2	Taulukoiden täyttäminen	32
7.2.3	Taulukoiden toiminta	33
7.2.4	3D-kartan ominaisuudet	33
7.2.5	Soveltuvuus	35
7.2.6	Jatkokehitys	36
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Geologian tutkimuskeskus. Kalliokiviainesten otto 2011.	
	Liite 2. Massanhallinnan järjestelmän työmaat -välilehti.	

Lyhenteet

AVI	Aluehallintavirasto
k-m ³	Kiintokuutiometri
m3ktr	Teoreettinen kiintotilavuus
m3ktd	Todellinen kiintotilavuus
m3itd	Todellinen irtotilavuus
m3rtd	Todellinen rakennetilavuus
m3rtr	Teoreettinen rakennetilavuus
PDF	Portable Document Format. Yleinen sähköisten dokumenttien tiedostomuoto.
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

1 Johdanto

Infra-alalla hankkeiden kustannuksista merkittävä osa muodostuu rakentamiseen käytetyistä massoista, niiden käsittelystä ja kuljettamisesta. Massoja tarvitaan pienemmissäkin hankkeissa jopa kymmeniä tonneja kerrallaan, puhumattakaan suurempien työmaiden maaleikkausten, louhintojen ja rakennekerrosten määristä. Massojen saataavuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja hinnat voivat vaihdella paljon, varsinkin suurempien määrien kohdalla. Massojen kuljetuksesta aiheutuu myös paljon kustannuksia, jonka vuoksi kuljetusmatkoihin pyritään usein vaikuttamaan. Massoja joudutaan ajamaan pois työmailta myös suuria määriä, joko välivarastoon, toiselle työmaalle tai maankaatopaikalle. Massanvaihtojen ja työmaiden tilanahtauden vuoksi niin jätemassoista, kuin käyttökelpoisistakin massoista aiheutuu kustannuksia, kun niitä läjitetään jätteenä maankaatopaikoille. Massanhallinnan avulla voidaan kuitenkin pienentää massoista aiheutuvia kustannuksia ja siten parantaa työmaan taloutta.

Pohjola Rakennus Oy Infra on infrarakentamiseen erikoistunut projektijohtomallilla toimiva rakennusalan yritys, joka on perustettu vuonna 2015. Pohjola Rakennus Oy Infra on osa Pohjola Rakennus-konsernia. Yrityksellä on toimintaa pääosin pääkaupunkiseudulla. Henkilökuntaa yrityksellä on opinnäytetyön aloitushetkellä 20 henkeä. Yrityksen hankkeissa liikkuu paljon massoja ja yrityksen sisäinen ja ulkoinen massojen hallintaa kaipaa yrityksen mielestä kehittämistä. Yrityksellä ei ole järjestelmää massojen seurantaan opinnäytetyön aloitushetkellä. Massojen hallintaan liittyvän tiedon on todettu olevan hajanaista. Järjestelmällinen massojen seuranta mahdollistaisi tehokkaamman hankkeiden suunnittelun massojen osalta tarjouslaskentavaiheesta toteutukseen.

Tämä insinöörityö on tehty Pohjola Rakennus Oy Infralle kehittämään massojen koordinoitua. Yritykselle tehtävä työ koostuu Excelillä tehtävästä sähköisestä massanhallinnan järjestelmästä. Työn käytännön osuus tehtiin 2018 alkuvuodesta. Massanhallinnan järjestelmän toimintaa varten perehdyttiin infrahankkeissa yleisimpien massojen ominaisuuksiin. Massanhallinnassa kuljetusten näytellessä suurta roolia kustannuksista, perehdyttiin myös massojen yksikkömuunnoksiin, joiden avulla massojen hallinta toteutetaan kustannustehokkaasti. Järjestelmän keräämien toimittaja- ja vastaanottajätietojen vuoksi perehdyttiin massanhallintaan liittyviin lupiin ja lakeihin. Massojenhallintajärjestelmän lähtötiedot kerättiin palaverien avulla. Näiden tietojen pohjalta kehitettiin

ensimmäiset versiot massanhallinnan järjestelmästä, joita kehitettiin edelleen haastattelujen ja palavereista saatujen kehitysideoiden pohjalta.

1.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, kuinka haastavaa on löytää tietoa massanhallinnan eri kohteista ja kuinka yrityksen sisäistä ja ulkoista massanhallintaa voidaan tehostaa. Tavoitteena on myös selvittää, mitä ja minkälaista tietoa massanhallinnan eri kohteista jatkossa tarvitaan, jotta yrityksen massanhallintaa voidaan tehostaa niin yrityksen omien työmaiden, kuin toimistonkin näkökulmasta. Työssä pyritään kehittämään järjestelmä, joka kokoaa olennaisen tiedon massanhallinnan eri kohteista koko yrityksen henkilöstön hyödynnettäväksi. Opinnäytetyö rajataan käsittelemään massojen hallintaa käytännössä sekä massanhallinnan eri kohteita ja niiden ominaisuuksia.

2 Maa-ainesten luokitus ja ominaisuudet

Maalajeja on useita ja niillä on erilaisia ominaisuuksia, joita ovat muun muassa kantaavuus, kaivettavuus, kokoonpuristuvuus ja routivuus. Maarakennustöille on tyypillistä huomattavan suurien massamäärien käsittely ja siirto, joten materiaalien erottaminen toisistaan ja niiden ominaisuuksien tunteminen on tärkeää. Eri kiviainestuotteiden ominaisuuksissa on paljonkin eroavaisuuksia, kuten esimerkiksi routivuuden osalta. Esimerkkinä Casagranden kriteerin mukaan, jos maa-aineksen alle 2 mm pienemmistä rakeista yli 3 painoprosenttia on 0,02 mm pienempiä, on maa-aines routivaa. Oleellista on siis tietää, minkälainen koostumus massoilla on, sillä pienetkin pitoisuuserot voivat vaikuttaa paljon niiden toimivuuteen rakenteissa. (Jääskeläinen 2011, 91). Eri maalajeilla ja niiden ominaisuuksilla on myös vaikutusta koneiden työskentelytehoon ja sitä kautta hankkeen kustannuksiin (Hartikainen 2000, 10).

Suomessa maalajit luokitellaan 1970-luvulla kehitetyn geoteknisen maalajiluokituksen mukaan. Luokituksessa maalajit ryhmitellään geologisen syntyvän perusteella eloperäisiin, hienorakeisiin, karkearakeisiin ja moreenimaalajeihin. Maalajiryhmät jaetaan vielä raekoostumuksen ja humuspitoisuuden mukaan. Raekoostumuksen määrittelyssä maalaji saa nimensä siitä lajitteesta, jonka alueella läpäisyprosentti on 50%. Savien kohdalla nimeäminen tapahtuu savilajitteen määrän mukaan. (Hartikainen 2000, 7.)

Taulukko 1. Geotekninen maalajiluokitus. Maalajit. (Ronkainen, 2012, 10)

Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhennys	Lajitepitoisuus, paino-%			Raekoko d_{50} , mm
			Savi	Hienoaines	Sora	
Eloperäiset maalajit	Turve	Tv				
	Lieju	Lj				
Hienorakeiset maalajit	Savi	Sa	≥ 30			
	Siltti	Si	< 30	≥ 50	< 5	$\leq 0,06$
Karkearakeiset maalajit	Hiekka	Hk		< 50	≤ 50	$> 0,06...2$
	Sora	Sr		< 5	> 50	$> 2...60$
Moreenimaalajit	Silttimoreeni	SiMr		≥ 50	≥ 5	$\leq 0,06$
	Hiekkamoreeni	HkMr		$5...50$	$5...50$	$> 0,06...2$
	Soramoreeni	SrMr		≥ 5	> 50	> 2

Maalajeille voidaan antaa lisänimi kuvaamaan sen ominaisuuksia tarkemmin. Lisänimet sorainen (sr), hiekkainen (hk), tai silttinen (si) annetaan maalajille, jos kyseistä lajitetta on yli 30 prosenttia maalajin päänimen antavan lajitteen ohella. Maalaji saa lisänimen savinen (sa), jos maalaji sisältää savilajitetta 10-30 prosenttia. Jos vaihtoehtoisia lisänimiä on kaksi, valitaan niistä hienorakeisempi – lisänimi savinen (sa) voidaan kui-

tenkin antaa toiseksi lisänimeksi. Humuspitoisuuden ollessa 2-6 prosenttia, saa maalaji lisänimen liejuinen (li). Jos humuspitoisuus on 6-20 prosenttia, maalajin päänimeksi tulee lieju (Lj) ja kivennäisaine tulee lisänimeksi. (Ronkainen 2012, 11.)

2.1 Kivennäisaineet

Kivennäisaineet ovat kalliosta peräisin olevia maalajeja, jotka eroosio tai ihminen on kalliosta irrottanut. Kitkamaalajeihin kuuluvat muun muassa hiekka, sora ja kivet. Kitkamaalajien kohdalla leikkauslujuus muodostuu pääosin rakeiden välisestä kitkasta. Nämä maalajit sisältävät yli 50 prosenttia 0,06 mm karkeampia rakeita. (Ronkainen 2012, 11.)

Taulukko 2. Geotekninen maalajiluokitus. Kivennäismaalajien lajitteet. (Ronkainen, 2012, 9)

Maalaji	Lyhennys	Rakeiden läpimitta (mm)
Savi	Sa	$\leq 0,002$
Siltti	Si	$> 0,002 \dots 0,06$
Hiekka	Hk	$> 0,06 \dots 2,0$
Sora	Sr	$> 2,0 \dots 60,0$
Kivet	Ki	$> 60 \dots 600$
Lohkareet	Lo	> 600

2.1.1 Savi ja siltti

Saveksi (Sa) kutsutaan maalajia, joka sisältää yli 30% alle 0,002mm rakeita. Alle 0,002mm rakeita kutsutaan savilajitteeksi. Jos aineessa on savilajitetta 30-50%, sitä kutsutaan laihaksi saveksi (laSa). Lihavassa savessa (liSa) savilajitetta on yli 50%. Savi on veden ja kiven seos, jossa savilajite muodostaa veteen kolloidisen liuoksen. Siltiksi (Si) kutsutaan maalajia, jossa raekokojakaumasta yli 50% on välillä 0,002-0,06mm. (Jääskeläinen, 2011, 20-23.) Savi ja siltti läpäisevät vettä heikosti suuren hienoainespitoisuuden vuoksi ja ovat siksi routivia. (Hartikainen 2000, 25) Siltin routanousut voivat olla jopa 30% routivan kerroksen paksuudesta. (Jääskeläinen 2011, 93) Maarakentamisessa savea ja silttiä ajetaan usein työmailta pois, ellei niitä voida hyödyntää esimerkiksi pintavesien ohjailuun tai roudan kautta saatavan paremman maan kantavuuden soveltamisessa. Läjittäminen on kuitenkin hankalaa korkean vesipitoisuuden määrätessä massojen häiriintymistä. (Hartikainen 2000, 14.)

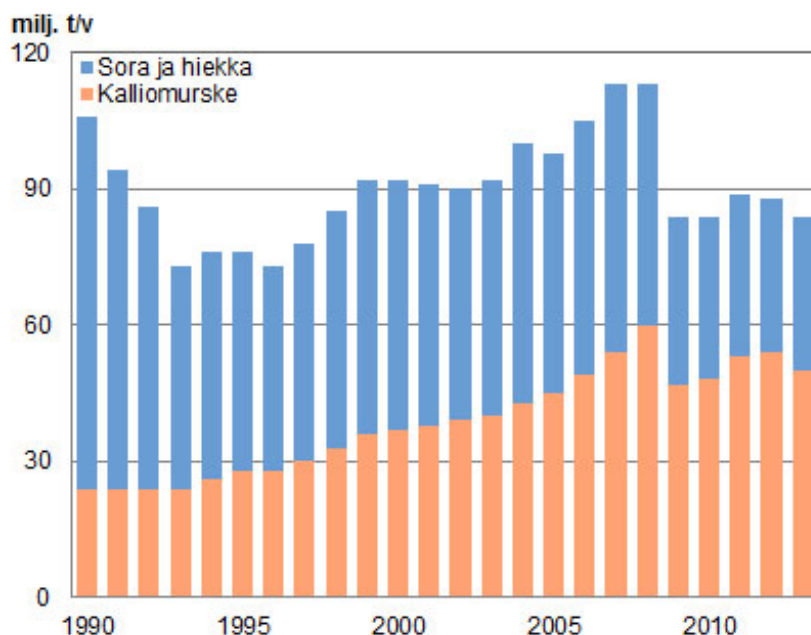
2.1.2 Hiekka

Hiekka (Hi) on maalaji, joka koostuu taulukon 2 mukaisesti 0,06 – 2,0 mm kokoisista rakeista. Hiekka on tyypillisesti routimatonta mutta hieno hiekka voi olla routivaa (Hartikainen 2000, 25; Jääskeläinen 2011, 93). Kosteaa hiekkaa voi pysyä kaivettaessa jopa muutaman metrin korkuisena pystyseinämänä näennäisen koheesion vuoksi. Sade ja auringonpaiste voivat kuitenkin poistaa näennäisen koheesion, jolloin aiemmin vakaan näköinen kaivannon reuna voi romahtaa. (Jääskeläinen 2011, 59.) Hiekan kantavuus on noin puolet soran kantavuudesta, minkä vuoksi sitä ei käytetä jakavissa ja kantavissa kerroksissa. Kaapeli- ja viemärikaivantoihin hiekka sopii putkien ympärystäytteeksi suojaamaan niitä karkeammilta maalajeilta. Hiekkaa voidaan käyttää myös asennus- alustana esimerkiksi betonilaatoille ja pihakiville.

2.1.3 Sora ja murske

Taulukon 2 mukaisesti soraksi kutsutaan kiviainesta, joka koostuu 2-6 mm halkaisijaltaan olevista rakeista (Ronkainen 2012, 9). Viime vuosikymmeninä murske on taulukon 3 mukaisesti korvaamassa luonnonvaraisen soran käyttöä. Luonnonvaraisen soran käyttöä on vähentänyt soravarantojen puute ja rajoitukset pohjaveden suojelusta. (Ympäristöhallinto 2015). Kalliomurske (KaM) on kalliosta louhimalla irrotettua kiviainesta, joka murskataan halutun kokoiseksi. Soramurske (SrM) saadaan nimensä mukaisesti soraa murskaamalla. Moreenin murskaamisesta saadaan moreenimursketta (MrM). (Liikennevirasto 2014, 7.)

Taulukko 3. Soran ja kalliokiven otto vuosina 1990-2013. (Ympäristöhallinto, 2015)



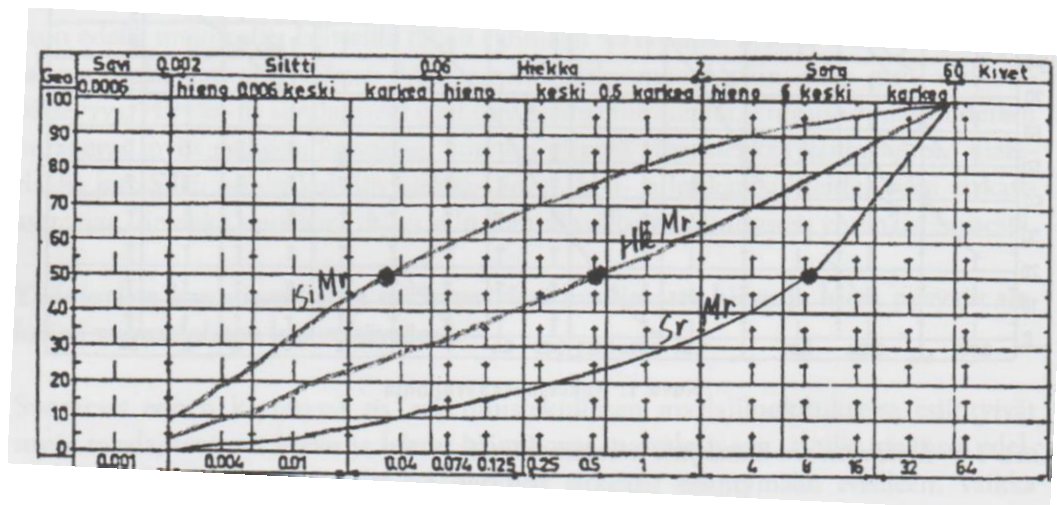
Murskeita on kahdenlaista, nollalajitetta ja katkaistua lajitetta. Nollalajitteella, eli tunnetummin murskeella, ei ole määritettynä pienintä tuotteen sisältämää raekokoa, eli tuote sisältää raekokoja 0 millimetristä ylöspäin. Murskeen yläpää on määritelty ja murske-tuotteet nimetäänkin niiden sisältämän suurimman raekoon mukaan, esim. KaM 0/31 sisältää maksimissaan 31 mm seulan läpi meneviä rakeita. Katkaistun lajitteen eli sepelin raekokojakauman ala- ja yläpää on määritelty, eli tuote ei sisällä tiettyjä raekokoja pienempiä tai suurempia lajitteita. (Liikennevirasto 2014, 7.)

Soraa ja mursketta käytetään maanrakennuksessa paljon, sillä se soveltuu kantavuutensa vuoksi moniin eri käyttökohteisiin. Tyypillisiä sorasta ja murskeesta tehtäviä rakenteita ovat jakavat ja kantavat kerrokset muun muassa teiden ja pihojen rakenteissa. Sora on myös teknisesti parhaimpia materiaaleja muun muassa massanvaihtojen täyttömateriaaliksi, ja se on raekokojakaumansa vuoksi routimatonta. Soran läjitettävyyks on myös helppoa, sillä sora kohtuullisilla luiskakaltevuuksilla sora ei valu pengertäessä. Kuljetettaessa sora ei häiriinny auton lavalla. (Hartikainen 2000, 12, 14, 126.) Sepeliä käytetään usein rakenteissa, missä vesi ei saa nousta kapillaarisesti, kuten rakennusten alapohjien alla ja salaojien täytöissä.

2.1.4 Moreeni

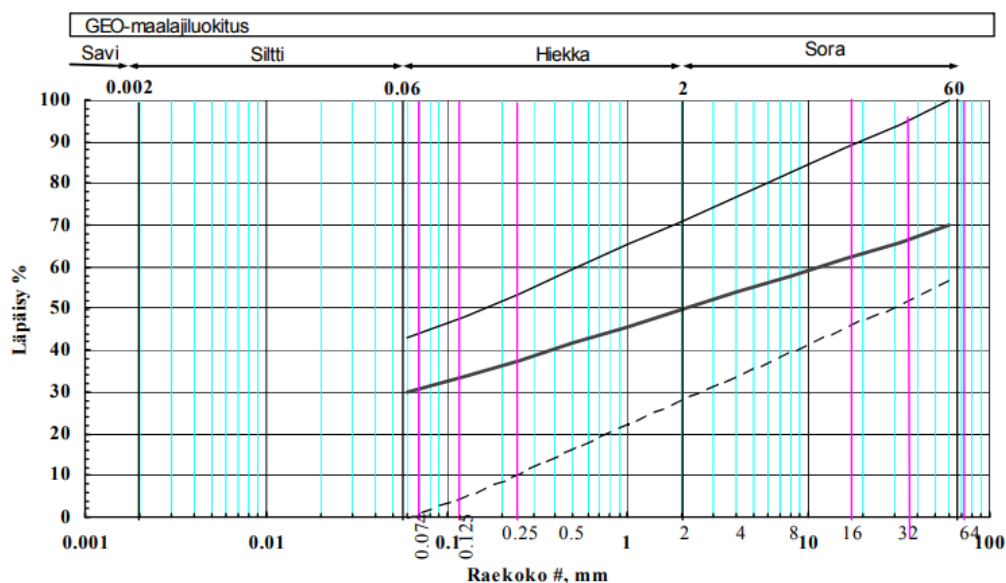
Moreeni on Suomen yleisin maalaji, joka sisältää kaikkia raekokoja siltistä soraan ja usein myös kiviä sekä lohkareita. Se on syntynyt jääkaudella mannerjään irrottaessa kallioperästä kiviainesta ja sekoittamalla sen kallion päällä oleviin maa-aineksiin. Suomen pinta-alasta noin 60 prosenttia on pinnalta moreenia ja pohjamoreenia on noin puolet Suomen pinta-alasta. Keskipaksuus moreenimuodostumilla on noin 4 metriä. (Ronkainen, 2012, 8, 10.) Moreenimaalajit jaetaan taulukon 4 mukaisesti soramoreeniin (SrMr), hiekkamoreeniin (HkMr) ja silttimoreeniin (SiMr) keskimääräisen raekoon perusteella. Geoteknisessä maalajiluokituksessa vaaditaan, että moreeni sisältää vähintään 5 prosenttia soraa sekä silttiä. (Jääskeläinen 2011, 23-24.) Moreenit ovat yleensä routivia suuren hienoainespitoisuuden vuoksi (Ronkainen 2012, 11).

Taulukko 4. Siltti-, hiekka- ja soramoreeni (Jääskeläinen 2011, 24)



Moreenia voidaan jalostaa, jolloin siitä saadaan rakentamiseen paremmin soveltuvaa. Yksinkertaisia menetelmiä ovat välppäys, seulonta ja pesu, jossa kiviaineksesta erotellaan joko suuret kivet tai ylimääräinen hienoaines. Tällä tavoin moreenista voidaan jalostaa raekokojakaumaltaan halutunlaista. (VTT 2008, 16.)

Taulukko 5. Hienoaineksen (katkoviiva) ja kivien (ohut viiva) poistamisen vaikutus materiaalin (paksu viiva) rakeisuuteen (VTT 2008, 17).



Moreeniin voidaan myös sekoittaa muita materiaaleja, kuten soraa, soramursketta tai kalliomursketta. Tällä tavoin saadaan muutettua materiaalin raekojakaumaa ja edelleen sen ominaisuuksia. Jalostettu moreeni sopii käytettäväksi jakavissa- ja eristyskerroksissa sekä soratien kulutuskerroksessa. Jalostetun moreenin käyttö kantavassa kerroksessa edellyttää sen rakenteellisen kuivatuksen varmistamista. (VTT 2008, 17-18).

2.2 Muut massat

Kivennäisainesten lisäksi maanrakentamisessa muita yleisiä massoja ovat eloperäisiin maalajeihin kuuluvat turve ja lieju, sekä asfaltti. Eloperäisten maalajien ominaisuudet tekevät niiden käytöstä haastavaa ja ne ajetaan pääsääntöisesti aina jätteenä maankaatopaikoille. Eloperäisten maalajien lisäksi myös kuorittu asfaltti luokitellaan jätelain mukaan jätteeksi ja siksi nämä massat aiheuttavat usein suuriakin kustannuksia rakennustyömaille, koska niitä ei voida hyötykäyttää.

2.2.1 Eloperäiset maalajit

Eloperäisiin maalajeihin kuuluvat turve (Tv) ja lieju (Lj). Turpeen humuspitoisuus on yli 6 prosenttia ja liejun humuspitoisuus yli 20 prosenttia. Humus alentaa maalajin leikkauslujuutta ja vedenläpäisevyyttä sekä lisää kokoonpuristuvuutta. Turve koostuu pääosin eloperäisestä aineesta, joka syntyy kasvien jätteistä, jotka maatuvat uudemman kasvuston alla. Se voidaan jakaa maatumisasteiden mukaan raakaturpeeksi, keskinertaisesti maatuneeksi turpeeksi ja maatuneeksi turpeeksi. Turve puristuu kuormituksen alla voimakkaasti vuodesta toiseen, eikä sen päälle siksi voida rakentaa. Turpeella on kaikista maalajeista selkeästi suurin vesipitoisuus. Lieju koostuu eloperäisestä aineesta ja hienosta kiviaineksesta. Lieju on ominaisuuksiltaan voimakkaasti kokoonpuristuvaa ja sillä on heikko leikkauslujuus. Liejupitoisilla maa-aineksilla on tavallista suurempi vesipitoisuus liejun suuren vesipitoisuuden vuoksi. (Jääskeläinen 2011, 26-27; Ronkainen 2012, 23-24.)

2.2.2 Multa

Multaa käytetään kasvualustoissa niin pihilla, kuin puistoissakin. Se on sekoitus kivennäisaineita, turvetta ja kompostia. Mullan sisältämiä kivennäisaineita ovat hietta, hiekka ja savi. Multaa voidaan valmistaa erikseen, jolloin sen sisältämien ainesosien suhteita voidaan säädellä halutunlaisiksi. Luonnonmultaa saadaan viljelytoiminnan seurauksena. Multatuotteita on paljon erilaisia, riippuen siitä, mitä kasveja tai puita multa on tullaan istuttamaan. (Kekkilä 2018.)

2.2.3 Asfaltti

Asfalttia on yleinen materiaali, jota käytetään niin ajoratojen, jalkakäytävien, kuin pihojenkin päällystämiseen. Asfalttia valmistetaan sekoittamalla raekokojakaumaltaan enintään 32 millimetrin halkaisijaltaan olevaa kiviainesta ja bitumista sideainetta. (PANK 2018, 1, 8.)

Asfaltti nimetään ilmaisemalla asfalttityypin kirjainlyhenteen jälkeen runkoaineen maksimiraekoko millimetreissä ja tarvittaessa sen jälkeen asfalttipäällysteen paksuus kilogrammoina neliömetrille. Esimerkiksi AB 16/100 kertoo materiaalin olevan asfalttibetonia, jonka maksimiraekoko on 16 mm ja nimellispaksuus 100 kg/m². (PANK 2018, 8.)

Asfalttibetoni (AB) on asfalttityyppi, joka sisältämä runkoaine on raekokojakaumaltaan jatkuvaa, eli se sisältää myös nollalajitetta. Kevyen liikenteen väylille ja kevyesti kuormitetuille alueille sopii hyvin hienorakeisempi asfalttibetoni, kuten AB 6-11. Karkearakaisempia asfalttibetoneja, kuten AB 16-20, käytetään tyypillisesti vilkasliikenteisemmillä kaduilla. Muita asfalttityyppejä ovat pehmeä asfalttibetoni (PAB), kivimastiksiasifaltti (SMA), valuasfaltti (VA) ja avoin asfaltti (AA). (6) Kivimastiksiasifaltin sisältämä runkoaine on raekokojakaumaltaan katkaistua ja se sisältää kuitua, jonka tarkoituksena on sitoa bitumia. Kivimastiksiasifaltti on suhteellisen kallis asfalttimassa, jota käytetään ensisijaisesti vaativien ajoratojen kulutuskerroksessa. Pehmeässä asfalttibetonissa on asfalttibetoniin verrattuna pehmeämpää sideainetta ja sitä käytetään tyypillisesti vähemmän liikennöidyillä teillä. Valuasfaltti sisältää 5,6-16 millimetrin kokoista runkoainetta. Sen käyttökohteita ovat muun muassa jalkakäytävät ja pihat, joilla on vain kevyttä liikennettä. Avoimen asfaltin raekokokäyrä on katkaistu, kuten kivimastiksiasifaltilla. Avoimessa asfaltissa käytetään suhteellisen kovaa bitumia sekä tarvittaessa sellulosaakuitua ja luonnonasfalttia. Avoin asfaltti läpäisee nimensä mukaisesti tehokkaasti vettä. (PANK 2018, 8-9, 14, 17, 19, 21.)

3 Ulkoisten massojen hallinta

Vuonna 2014 kiviainesten arvioitu kokonaiskäyttö Suomessa oli noin 79 miljoonaa tonnia. Kiviainesten kokonaiskäytöstä noin 60 prosenttia on kalliokiviaineeksi ja 40 prosenttia soraa ja hiekkaa. Kalliokiviaineksen otto keskittyy Suomessa vilkkaasti rakennetuille alueille, kuten pääkaupunkiseudulle. Kalliokiviainesten oton jakaantuminen Suomessa vuonna 2011 on esitetty liitteessä 1. (Geologian tutkimuskeskus 2018.)

Kuljetusten osuuden arvioidaan olevan jopa kolmannes maarakennustöiden kokonaiskustannuksista. Kuljetusten kustannusten odotetaan nousevan tulevaisuudessa varamaa- ja läjitysalueiden sijoituessa yhä kauemmas työmaista. (Hartikainen 2000, 72.) Kustannuksiin vaikuttavat muun muassa kuljetuskaluston määrä ja kapasiteetti, kuljetusmatkojen pituus ja kuljetettavien massojen määrä. Massojen määriin voidaan vaikuttaa esimerkiksi tehostamalla massojen käyttöä työmaiden välillä tai varastoimalla massoja myöhempää käyttöä varten. Käytettävät konetyypit valitaan usein ennen töiden aloittamista, joten mahdollisimman tarkkoilla lähtötiedoilla on tältä osin suuri merkitys. Tavoitteena on aina massojen käytön ja siirtojen järjestäminen koko hankkeen kannalta mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Hartikainen 2000, 163.)

3.1 Kiviainesasemat

Kivenlouhimoilla irrotetaan tai louhitaan kiviä, joita voidaan hyödyntää rakennuskivien raaka-aineena. Kivenmurskaamoilla murskataan louhetta, soraa tai moreenia murskaustuotteiksi. (Olin 2015, 27.) Murskaustuotteita ovat muun muassa kalliomurske, sepele, eristyshiekka ja louhe. Osa kiviainesasemista myös vastaanottaa puhtaita ylijäämämaita ja tarjoaa samalla paluukyytinä kiviaineeksi tuotavaksi takaisin työmaalle, mikä voi helpottaa massatasapainon saavuttamista työmaalla.

Kivenlouhimoiden ja -murskaamoiden sijainnista ympäristön rakennuksiin ja sallituista melutasoista on säädetty Valtioneuvoston asetuksessa 800/2010. Asetus asettaa rajoituksia kivenlouhimoiden ja -murskaamoiden sijainnille, mikä osaltaan tekee haastavaksi niiden perustamisen tiheään rakennetulle alueelle, kuten pääkaupunkiseudulle. (VN 800/2010, Olin 2015, 27-28.)

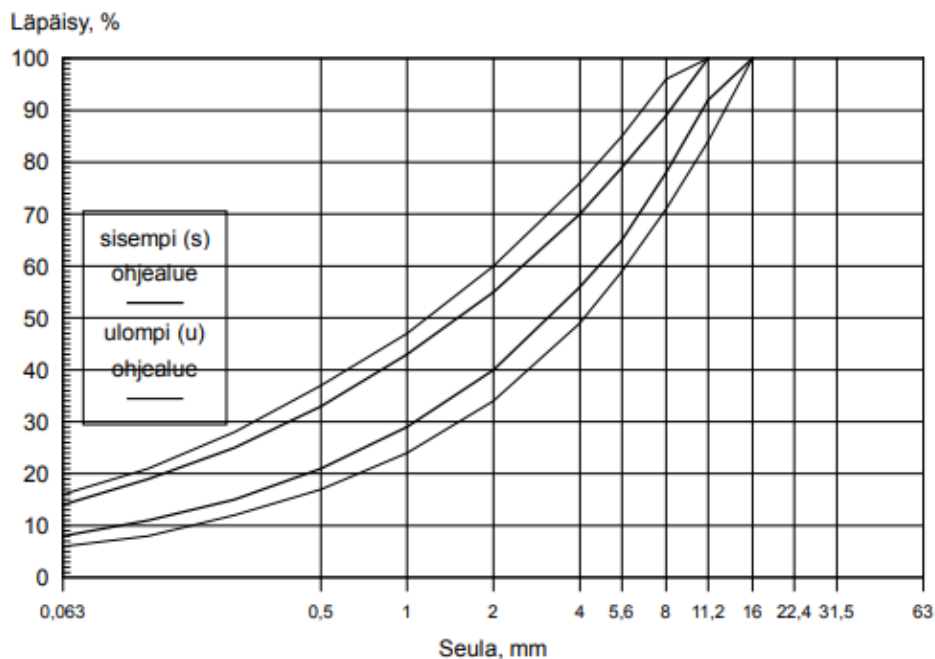
Kiinteästi rakennuskohteeseen asennettavilla rakennustuotteilla, kuten kiviaineksella, on oltava CE-merkintä, josta vastaa rakennustuotteen valmistaja. CE-merkinnän saaminen edellyttää muun muassa suoritustasoilmoitusta, mikä toimii takeena tuotteen laadusta. CE-merkintää ei tarvita yli 90 mm maksimiraekoon kiviaineksiin eikä työmaan sisäisessä käytössä oleviin kiviaineksiin. (Olin 2015, 104.)

3.1.1 Kiviainesten laatu

Rakentamiseen käytetyn kiviaineksen on oltava korkealaatuista, jotta kiviainesta sisältävien rakenteiden teknisiin ominaisuuksiin voidaan luottaa rakentamisen jälkeenkin. Kiviaines ei saa olla rapautunutta tai helposti rapautuvaa, minkä vuoksi se voi menettää lujuusominaisuuksiaan, esimerkiksi tierakenteissa. Kiviaines ei saa myöskään sisältää sen suunniteltuun käyttötarkoitukseen haitallisesti vaikuttavia epäpuhtauksia, kuten savea, turvetta, humusta, multaa tai jäätä. Murskattavat kiviainekset tutkitaan etukäteen, jotta niiden käyttötarkoituksista voidaan varmistua. Kiviaineksista tutkitaan muun muassa niiden rapautumisalttiutta ja -astetta, mineraalien pitoisuuksia, tartuntaominaisuuksia ja lujuutta. (Liikennevirasto 2014, 8). Hyvälaatuiset massat vähentävät urakoitsijan vastuuriskejä, esimerkiksi routanousujen vaikutuksesta rikkoutuneiden putkien kohdalla, jos tuotteista, niiden käytöstä ja ominaisuuksista on esittää vaatimuksien mukaiset dokumentit. Tyypillisiä laatudokumentteja ovat muun muassa tuotteiden suoritustasoilmoitukset, raejakaumakäyrät ja todistus CE-merkinnästä.

Murskaustuotteiden rakeisuuden määrittelyssä käytetään standardia SFS-EN 933-1, joka määrittelee seulonnassa käytettävät seulakoot. Kiviaineksista seulottaessa valmiita myytäviä tuotteita, tulee varmistua siitä, että rakeisuuskäyrän muoto on ohjealueiden rajakäyrien ja niiden tulkintaohjeiden mukaisia. (Liikennevirasto 2014, 11.)

Taulukko 6. Soratien kulutuskerrokseen käytettävän murskeen 0/11 rakeisuusohjealueet (Liikennevirasto 2014, 18)



os	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16
s	8,0-14,0	21-33	29-43	40-55	56-70	65-79	78-89	92-99	100
u	6,0-16,0	17-37	24-47	34-60	49-76	59-85	71-96	84-100	100

Taulukon 6 mukaiset rakeisuusohjealueet ja niiden tulkintaohjeet auttavat kiviainestoitajia seulomaan kiviaineksensa myyntikuntoisiksi tuotteiksi, jotka täyttävät niille asettuja laatuvaatimuksia. Kiviainestuetteen raekokojakauma saa poiketa sisemmiltä ohjealueilta korkeintaan 35% ja ulommalta ohjealueelta korkeintaan 10% (Liikennevirasto 2014, 11).

3.2 Massojen välivarastointi

Massojen ulkopuolisella välivarastoinnilla voidaan saavuttaa taloudellista etua, kun työmaalta leikatut massat voidaan myöhemmin kohdistaa uuteen käyttöön. Ylijäämämaiden käyttökohteita ovat muun muassa täytöt ja meluvallit, joissa voidaan parhaimmillaan käyttää savea osana rakennetta. Pääkaupunkiseudulla maankäyttö- ja rakennuslain mukainen kaavoitus pääosin estää maa-ainesten työmaan ulkopuolisen välivarastoinnin, sillä kaavoituksessa harvoin on vapaana varastointialueiksi kaavoitettuja alueita. Suuri osa rakennusalan jätteistä tulee infra-alalta, joten massojen välivarastoinnin kautta saavutettavien hyötyjen takia välivarastointimahdollisuudet voivat tule-

vaisuudessa parantua. EU-komission tavoitteena onkin hyödyntää 70 prosenttia kaikesta rakennus- ja purkujätteestä vuonna 2020. (Infra 2018.)

Maa-aineksen pitkä varastointi voi johtaa siihen, että sen jatkokäytön ei nähdä olevan varmaa, jolloin se voidaan luokitella jätelain mukaan jätteeksi (Olin 2015, 70; JäteL 646/2011). Lupaviranomaiselta kannattaa selvittää, edellyttääkö maa-ainesten varastointi ympäristölupaa. Viranomainen ei ole rajannut varastointiajan pituutta, mutta pidempään kestävä varastoinnin soveltuvuus voidaan joutua erikseen todistamaan. (Olin 2015, 70, 84-85.) Jotta varastoitavien maa-ainesten osalta välttyttäisiin epäselvyyksiltä, on varastoivien maa-ainesten jatkokäyttö oltava tiedossa jo ennen alueelle tuomista ja tarvittaessa pystyttävä todistamaan. (Olin 2015, 70.)

3.3 Maankaatopaikat ja ylijäämämaiden vastaanotto

Jätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen 179/2012 mukaisen jäteluettelon (pääluokka 17, nimikeryhmä 05) mukaan kaikki maa- ja kiviainekset, ruoppausmassat ja ratapenkereiden sorapäälysteet voidaan luokitella jätteeksi. (Olin 2015, 74; VN 19.4.2012/179.) Jätettä saa luovuttaa vain jätteen kuljettajalle, välittäjälle tai hyväksytyille kerääjälle. Jätteen haltijan on laadittava kuljetusta varten siirtoasiakirja, minkä tehtävänä on todentaa jätteen päätyminen asianmukaiseen käsittelyyn ja toimia kuljetusten seurannan apuvälineenä (Olin 2015, 72-75). Rakennustyössä yleensä pääurakoitsija on vastuussa työssään syntyvistä jätteistä. Pääurakoitsijan vastuulla on tällöin jätteen määrän minimoiminen, tarpeeton rakennusmateriaalien käyttö ja ympäristölle aiheutuvan vahingon minimoiminen. (Olin 205, 78.)

Pääkaupunkiseudulla on pulaa puhtaiden ylijäämämaiden läjitysalueista. Rakentamisen kohdistuessa yhä enemmän pohjaolosuhteiltaan huonolaatuisille alueille, on tyypillistä, että työmailla suoritetaan paljon massanvaihtoa, joilla korvataan huonolaatuisia massoja, kuten savea, uusilla ja hyvälaatuisilla materiaaleilla. Osa kiviainestoimittajista vastaanottaa puhtaita ja pilaantumattomia maa-aineksia, mutta monesti ylijäämämaita kuitenkin loppusijoitetaan maankaatopaikoille. (Räsänen 2016, 4.) Vuonna 2016 Espoon Kulmakorven maankaatopaikka otti vastaan 1,5 miljoonaa tonnia ylijäämämaita ja Vantaan Pitkäsuon maankaatopaikka yli 600 000 tonnia. (Infra 2018.)

Varsinkin suuremmissa maarakennushankkeissa läjitysalueen perustaminen voi olla tarpeellista. Esimerkiksi tiesuunnitelmaan sisällytettävässä läjityssuunnitelmassa voidaan käsitellä työmaalta lähtevien ylimääräisten ja käyttökelvottomien massojen loppusijoitus. Vahvistettu suunnitelma antaa luvan läjitykselle suunnitelmassa varattuun paikkaan. Läjitysalueen perustaminen vaatii aina ympäristöluvan ja usein YVA:n. (Räsänen 2016, 4.)

Jätteinä pois ajettavia massoja on joskus mahdollista hyödyntää rakentamisessa, jos ne eivät sisällä haitallisia määriä epäpuhtauksia tai kemikaaleja. Tyypillisiä sovelluksia huonolaatuisten massojen käyttöön ovat muun muassa meluvallit kaupunkiympäristössä ja vastapenkereet tiehankkeissa. Liikenneviraston *Tien perustamistavan valinta* -oppaan mukaan, ”Vastapenger on rakennuskustannuksiltaan huokea menetelmä ja useimmiten suoranaista säästöä siihen nähden, että vastapenkereeseen käytettävät massat jouduttaisiin kuljettamaan läjitysalueelle”. (Liikennevirasto 2014, 20.) Yritys voi saada säästöä, jos se saa hoidettavakseen hankkeen, jonne muilta omilta työmailta voidaan ajaa huonolaatuisia massoja käytettäväksi rakenteisiin. Tästä syystä muun muassa meluvalleja sisältävät hankkeet ovat maanrakentajien suosiossa ja niihin tarjotaan ahkerasti.

4 Massojen käyttöä koskevat määräykset

Massojen ottoa, varastointia ja käyttöä ohjaavat Suomessa erilaiset lait, lupamenettelyt ja hankkeiden suunnitteluasiakirjojen sisältö. Erilaiset rakentamiseen liittyvät luvat määritetään laissa. Lupien avulla varmistutaan siitä, että laissa sallittuja asioita toteutetaan hallitusti, eli ”omin lupineen” ei saa moniakaan asioita yritys tai sen työjohto toteuttaa. Lait ja luvat asettavat rajoituksia muun muassa varastointialueiden perustamiseen, hallintaan ja niiden käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi välivarastointikentälle ajettut massat voivat olla seuraavana vuonna jätelain mukaan jätettä, vaikka ne olisivatkin pysyneet koskemattomina. Massojenhallintaa onkin oleellista suunnitella ja toteuttaa niin, että voimassa olevia lakeja ei rikota ja että toiminta pysyy luvissa määritellyissä rajoissa.

Rakentamisen aikaista massojen käyttöä ohjataan hankkeen suunnitelma-asiakirjojen avulla, jotka kertovat mitä menetelmiä missäkin tilanteissa käytetään. Suunnitelma-asiakirjojen tarkoituksena on varmistaa, että tilaaja saa urakoitsijaltaan laadukasta työtä ja että tilaajan vastuuriskit pienenevät lakien ja myönnettyjen lupien sisältöjen valossa. Suunnitelma-asiakirjoista poikkeaminen, esimerkiksi kun halvempia massoja on tarjolla rakenteisiin, vaatii aina tilaajan tai suunnittelijan luvan. Yrityksen massanhallinnasta tekee turvallisen pitkällä aikavälillä se, että voimassa olevia lakeja, myönnettyjä lupia ja hankkeen suunnitteluasiakirjoja noudatetaan. Tällöin yritys välttää yllättävät viranomaismenettelyt, sakot ja reklamaatiot, joita huolimattomasta massanhallinnasta voi koitua.

4.1 Laki

Suomessa kaikkea toimintaa ohjaavat lait. Rakentamisessa käytettävien massojen käyttöä, varastointia ja käsittelyä ohjaavat ympäristönsuojelu-, maa-aines-, jäte-, maankäyttö- ja rakennus- ja luonnonsuojelulaki. (Olin 2015, 9-11.)

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on kestävää kehitystä edistävän alueiden käytön ja rakentamisen järjestäminen. Sen tavoitteena on myös mahdollisuus osallistua asioiden suunnitteluun sekä käsiteltävien asioiden avoin tiedottaminen. Laissa säädetään myös muun muassa rakentamisen luvista, kuten rakennus-, toimenpide- ja maisematyöluvista ja niihin liittyvistä ilmoituksista. (Olin 2015, 11.)

Ympäristönsuojelulaki on tärkein ympäristön pilaantumista ehkäisevä laki, jota sovelletaan kaikkeen toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Laissa kielletään muun muassa maaperän, pohjaveden ja meren pilaaminen, minkä tarkoituksena on hallita sitä, että maamassoja ei kuormata esimerkiksi mereen. Ympäristönsuojelulakia sovelletaan myös jätteen käsittelyyn sekä jätettä tuottavaan toimintaan. (Olin 2015, 9, YSL 527/2014.) Luonnonsuojelulakia sovelletaan luonnon ja maiseman suojeluun ja hoitoon. Luonnonsuojelulaki pyrkii tukemaan luonnon monimuotoisuutta, kauneutta ja maisema-arvoja. Se pyrkii myös edistämään luonnonvarojen kestävää käyttöä. (Olin 2015, 10.)

Maa-aineslain tavoitteena on hallita maa-ainesten ottoa niin, että se tukee ympäristön kestävää kehitystä. Sitä sovelletaan kiven, soran, hiekan, saven ja mullan varastointiin, jalostamiseen sekä ottamiseen pois kuljetettavaksi. Maa-aineslakia ei kuitenkaan sovelleta rakennusluvan alaisilla alueilla, kuten useimmilla työmailla. (Olin 2015, 10, 40.) Maa-aineslakia sovelletaan esimerkiksi silloin, kun otetaan maa-aineksia, kuten soraa, yksityisen henkilön omistamalta maa-alueelta.

Jätelain tarkoituksena on toimiva jätehuolto, jätteistä aiheutuvien vaarojen ja haittojen ehkäisy sekä luonnonvarojen kestävän käytön tukeminen. Lakia sovelletaan aineisiin tai esineisiin, jotka sen haltija on poistanut, poistaa tai on velvollinen poistamaan käytöstä; tulkinnanvaraisuuden vuoksi toiminnanharjoittajan vastuulla on arvioida, onko ylös kaivettu maa-aines jätettä. Jätelain mukaan syntynyt jäte voidaan sijoittaa kaatopaikalle, jos sitä ei muuten voida hyödyntää (Olin 2015, 11, 14, 69). Urakoitsija voi siis päättää itse, kuljetetaanko pilaantumattomat massat pois jätteenä. Usein työmaiden läjitysalueiden puute johtaa siihen, että rakentamiseen kelpaavia massoja joudutaan ajamaan maankaatopaikoille. Pilaantuneet maat luokitellaan kuitenkin jätteeksi, sillä niitä ei voi sellaisenaan käyttää rakentamisessa niiden sisältämien haitallisten kemikaalien vuoksi. Jätteeksi luokiteltuja materiaaleja voidaan materiaalista riippuen käsitellä siten, että niitä ei enää luokitella jätteeksi. Yleisiä rakentamisessa hyötykäytettäviä jätteitä ovat muun muassa betoni- ja asfalttimurske.

4.2 Luvanvarainen toiminta

Rakennuksen rakentamiseen ja tai siihen verrattavaan korjaus- tai muutostyöhön tarvitaan rakennuslupa. Rakennuslupa voidaan myöntää maankäyttö- ja rakennuslain vaa-

timusten täytyessä, kun teiden rakentaminen ja vedensaanti ei aiheuta huomattavia kustannuksia ja kun rakennus sopii sen ympäristöön, aiheuttamatta haittaa naapurustolle. Rakennusluvan sijasta voidaan hakea toimenpidelupaa, jos rakennusluvan vaatimukset eivät täyty. Toimenpidelupaa ei kuitenkaan tarvita maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen katusuunnitelmaan, maantielain mukaiseen tiesuunnitelmaan tai ratalain mukaiseen ratasuunnitelmaan perustuviin toimenpiteisiin. (Olin 2015, 54-56, 58.) Rakennusvalvontaviranomaiselle on tehtävä aloittamisilmoitus lupia tai ilmoitusta edellyttävästä rakennustyöstä, jos ennen rakennustyön aloittamista ei ole pidetty aloituskousta. Rakennustyö katsotaan aloitetuksi, kun ryhdytään tekemään rakennuksen perustuksien valutoita tai purkamaan olemassa olevia rakenteita. (Olin 2015, 52.)

Maisematyölupa on maankäyttö- ja rakennuslain mukainen lupa, joka oikeuttaa kaivamisen, louhinnan, puiden kaadon ja perustusten paalutuksen paalutussuunnitelman mukaisesti tai muut niihin rinnastettavat rakentamista valmistelevat toimenpiteet. Maisematyölupa voidaan tarvita esimerkiksi meluvallin rakentamiseen, jos kohteella ei ole voimassa olevaa rakennus- tai toimenpidelupaa. Maisematyöluvun alaisista töistä on ilmoitettava rakennusvalvontaviranomaiselle, ennen töiden aloitusta. Maisematyölupaa ei tarvita maantielain mukaiseen tiesuunnitelmaan tai ratalain mukaiseen ratasuunnitelmaan perustuvissa töissä. (Olin 2015, 15, 53, 61.)

Ympäristölupa haetaan AVI:lta tai kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta. Infra-alalla vähintään 50 päivää toimiva kivenlouhimo tai murskaamo vaatii ympäristösuojelulain mukaisen ympäristöluvun, asfalttiasemien ollessa poikkeus, jos asema on ympäristölain mukaan rekisteröity vähintään 90 päivää ennen toiminnan aloittamista. (Olin 2015, 16-17.) Pohjavesialueilla on haettava ympäristölupaa myös vähäisemmässä toiminnassa. Pilaantuneiden maiden sijoitus- ja loppukäsittelypaikat vaativat ympäristöluvun. Pääsääntöisesti jätteen käyttö ja hyödyntäminen maarakentamisessa vaatii ympäristöluvun ja ennen toiminnan aloittamista valvontaviranomaiselle on tehtävä ilmoitus jätteen hyödyntämisestä. Ympäristölupa on voimassa toistaiseksi tai määräajan. (Olin 2015, 24, 40, 54, 82.)

Maa-aineslupa voidaan tarvita rakennusluvan alaisilla alueilla, jos maa-aineksia myydään eteenpäin. Maa-ainesluvan hakemukseen liitetään mahdollinen ympäristövaikutusten arviointiselostus ja Natura-arviointi. Vesilupa voidaan tarvita maa-ainesluvan tilalle vesilain mukaisilla alueilla, kuten rannoilla ja pohjavesialueilla tai yleisen kulku-

tai valtaväylän yli rakennettavien siltojen kohdalla tai ruopatessa yli 500 m³ ruoppausmassoja. (Olin 2015, 39-40, 42, 48).

YVA:a sovelletaan hankkeisiin, joista voi aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Infra-alalla YVA:a sovelletaan kiven, soran ja hiekan ottoon yli 25 hehtaarin louhinta- tai kaivualueilla tai, kun otettava määrä on vähintään 200 00 k-m³. YVA:a voidaan soveltaa myös pienemmissä hankkeissa, jos niistä voi aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Natura-alueiden suojelutavoitteisiin vaikuttavista hankkeista ja suunnitelmista tehdään Natura-arviointi, joka voidaan tehdä erikseen tai YVA:n yhteydessä. (Olin 2015, 20, 21.)

Melua ja tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta on tehtävä ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle, jos toiminta ei ole ympäristölupaa edellyttävä. Ilmoitus on tehtävä viimeistään 30 vuorokautta ennen toiminnan aloittamista. (Olin 2015, 62.) Varsinkin kaupunkiympäristössä louhinnasta syntyy melua ja tärinää, josta aiheutuu lähialueen asukkaille viihtyvyshaittoja. Lähialueen rakennukset ja muut rakenteet voivat olla alttiita tärinän vaikutukselle, joten tärinää joudutaan mittaamaan erillisillä antureilla. Louhinnassa syntyy usein myös liian suuria lohkaraita auton lavalle kuormattavaksi, joten niitä voidaan joutua pilkkomaan, useimmiten kaivinkoneeseen kiinnitettävän hydraulisen vasaran, rammerin, avulla.

Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta tehdään ilmoitus ELY-keskukselle tai kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle (Helsinki ja Turku) viimeistään 45 vuorokautta ennen puhdistamiseen tai pilaantuneen maa-aineksen kaivamiseen ryhtymistä, jos puhdistaminen ei vaadi ympäristölupaa. Maaperän tai pohjaveden puhdistamisvastuu on ensisijaisesti pilaantumisen aiheuttajalla ja toissijaisesti pilaantuneen alueen kiinteistön haltijalla, jos tämän voidaan olettaa olleen tietoinen mahdollisesti maaperää tai pohjavettä pilaavasta toiminnasta. Kunta voi ottaa vastuun pilaantuneen maaperän puhdistamisesta, jos puhdistamisvelvollisuus on alueen haltijalle selkeästi kohtuuton. (Olin 2015, 63-65, 86-87.)

4.3 Rakennussuunnitelmien rajoitukset

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, eli tunnetummin YSE 1998, ohjaa rakentamisen kaikkien osapuolten välistä toimintaa ja sen sisältö hyväksytään vain kaikissa ra-

kentämisen urakkasopimuksissa. Sen avulla on määritelty rakennushankkeen eri osapuolille velvollisuudet, oikeudet ja vastuut, jotka pätevät kaikissa tilanteissa. YSE 1998:n 1§:ssa mainitaan seuraavasti: *Urakoitsijan tulee suorittaa sopimuksenmukainen tehtävänsä ammattitaidolla noudattaen voimassa olevia rakentamista koskevia säädöksiä ja hyvää rakentamistapaa.* Urakoitsija on YSE 1998:n hyväksyttyään velvollinen noudattamaan ajantasaisia rakentamista koskevia säädöksiä ja muutenkin tehtävä työnsä parhaan ammattitaitonsa mukaan. Urakoitsijan vastuulle kuuluvat myös työssä tarvittavien materiaalien, maanrakennustöissä massojen, hankinta. YSE 1998 velvoittaa urakoitsijaa myös suorittamaan tarvittavat mittaukset, joita ovat esimerkiksi kantavuuskokeet. (Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998.)

Hankkeen sopimusasiakirjojen sisältö voi poiketa hieman YSE 1998:n sisällöstä ja tärkeintä onkin perehtyä sopimusasiakirjojen sisältöön tarkasti. Sopimusasiakirjoja ja niissä mainittuja suunnitelma-asiakirjoja noudattaessa urakoitsija välttää ongelmatilanteita niin hankkeen osapuolten välillä, kuin rakenteiden toimivuudessakin. Suunnitelma-asiakirjojen tarkoituksena on taata laadukas rakentaminen – ja massojen käyttö rakenteissa. Asiakirjojen monimuotoisuuden vuoksi YSE 1998:ssa on kerrottu kaupallisten ja teknisten asiakirjojen pätevyysjärjestys, jos niiden välillä ilmenee ristiriitoja. (Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998.) Teknisten asiakirjojen pätevyysjärjestys YSE 1998:ssa on seuraava:

1. työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset
2. sopimuspiirustukset
3. yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset.

Rakennushankkeen teknisissä asiakirjoissa ilmoitetaan tarkempia vaatimuksia tehtäville töille, kuten rakenteiden materiaali- ja raekokoineen ja rakennekerrosten paksuuksineen. Rakenteille määritellään käyttökohteesta riippuen muun muassa kantavuusvaatimuksia, jotka voidaan saavuttaa käyttämällä ja tiivistämällä rakenteeseen soveltuvia materiaaleja tarpeeksi kantavalle pohjalle. Kantavuusvaatimukset ilmoitetaan pienimpinä sallittuina tiiveysasteina ja kantavuusarvoina sekä mittaustulosten tiivistyssuhteena. Taulukosta 7 nähdään maapenkereille sallitut tiiviys- ja kantavuusvaatimukset. (MaaRYL 2010.)

Taulukko 7. Maapenkereen tiiviys- ja kantavuusvaatimukset (MaaRYL 2010).

Taulukko 2231:T1. Maapenkereen tiiviys- ja kantavuusvaatimukset.

		Laatuluokka		
		1 Rakennuksen alla	2 Liikennealueella	3 Viheralue
Pienin sallittu yksittäinen tiiviysaste	%	≥ 95	≥ 90	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	$E_1 \geq 50$	$E_1 \geq 40$	–
Tiiviyssuhde (kevyt pudotuspainolaite d 300 mm)	E_{\max}/E_1	1,7	2,0	2,1

Laatuvaatimusten täyttymistä voidaan helpottaa käyttämällä hyvälaatuisia materiaaleja, kuten CE-hyväksytyjä murskeita, joiden raekokojakauma ja muut ominaisuudet ovat ennalta tiedossa. Luotettavien toimittajien laadukkaat materiaalit vähentävät epämiellyttäviä yllätyksiä rakenteiden toimivuudessa ja massojen saapuessa työmaalle, kuten esimerkiksi silloin, jos yksittäiseltä urakoitsijalta Maapörssin kautta tilattu ”hiekkamooreeni” onkin suurelta osin savea. Kiviainestoitimittajan toimittaessa väärää tuotetta, voidaan toimittajalta pyytää korvausta. Maapörssin kautta ostettujen massojen kohdalla vastuukysymykset on usein vaikea selvittää ja tavarán ostaja voi usein joutua tyytymään saamiinsa massoihin. Pienemmiltä toimittajilta ostettaviin massoihin kannattaakin tutustua mielellään paikan päällä.

5 Työmaan massojen hallinnan apuvälineitä

Maarakennuksessa suuri osa hankkeen kustannuksista muodostuu massojen käsittelystä ja siirroista, joten massalaskennalla on tärkeä rooli hankkeen kustannusten kannalta. Massalaskennassa on huomioitava eri tilavuuskäsitteet, sillä suunnitelmissa esitetyt massojen tilavuudet poikkeavat työmaalla käsiteltävistä tilavuuksista. Tilavuuskäsitteistä ja massojen muunnoksista on kerrottu luvussa 6.

Massataloudessa on huomioitava massojen tilavuuksien määrittelemisen lisäksi massansiirtojen kustannukset ja monia muita tekijöitä. Esimerkiksi tienrakennushankkeissa voidaan pyrkiä massatasapainoon taloudellisten siirtomatkojen puitteissa, kun leikattavia ja pengerrettäviä massoja on paljon. Tässä luvussa näkökantana ovat yksinkertaiset apuvälineet massojen määrien laskentaan, joita voidaan hyödyntää tehokkaasti työmaa-olosuhteissa massanhallintaa suunniteltaessa.

5.1 Massalaskenta tietomallista

Tietomallista suoritettava massalaskenta on tehokas ja tarkka menetelmä massojen laskemiseen, varsinkin isommissa kohteissa. Tietomalliin syötetyt pintavaaitustiedot yhdistettynä suunniteltuihin rakenteisiin mahdollistavat massalaskennan suuren tarkkuuden. Maastomallit muodostetaan tietomallissa kolmioverkkona, joka mahdollistaa pintojen kolmiulotteisen tarkastelun. Tietomallin avulla voidaan helposti laskea vaihtoehtoisia toteutustapoja, perinteisen poikkileikkauspohjaisen laskennan ollessa rajoittunut tiettyihin poikkileikkauksiin eri paaluväleiltä. (Hartikainen 2000, 171.)

5.2 Massalaskenta suunnitelmakuvista

Suunnitelmakuvat ovat nykyään usein PDF-muodossa, jotta työmaalla voidaan projektipankista tulostaa suunnitelmia ja tarkastella niitä omalta koneelta käsin. Poikkileikkausten, pituusleikkausten, asema- ja pihakuvien avulla voidaan hyvin arvioida suuntaa-antavasti massojen määriä työmaan omaa massanhallintaa varten. Useat PDF-lukuohjelmat sisältävät työkaluja suoraan kuvista mittaamiseen, kuten etäisyyksien, piirien ja pinta-alojen laskemiseen. Kun kuvien mittakaava on tiedossa, voidaan lukuohjelmalla määrittää nopeasti pinta-alojen ja korkeuksien avulla leikkaus- ja pengertila-

vuudet. Laskennan tulos on arvio tietyltä matkalta maaston epätasaisuuksien vuoksi, joita kuvissa ei aina oteta tarpeeksi huomioon. Menetelmä mahdollistaa kuitenkin massojen oikeiden määrien selvittämisen tietyllä tarkkuudella suhteellisen nopeasti. Suunnitelmakuvat voidaan myös tulostaa ja mitata mittasuhdeviivaimella, mutta tietokoneella laskeminen on nykypäivänä yleisin menetelmä.

5.3 Massaseuranta toteutuneista määristä

Työmaalta lähteviä massoja voidaan seurata tehokkaasti yksinkertaisen massaseurantataulukon avulla, joka voidaan helposti tehdä Excelin avulla. Massaseurannassa voidaan kirjata taulukkoon päivittäin lähtevät kuormat ylös kuljetusliikkeen kuormakirjojen perusteella. Taulukkoon voidaan yksinkertaisesti laskea massamäärät autoittain niiden lavan tilavuuden perusteella. Massaseuranta on jälkijättöistä, mutta antaa kattavan katsauksen työmaan massojen liikkeisiin hankkeen aikana. Kuljetusmatkojen kustannuksia voidaan arvioida hyvin seurannan avulla. Varsinkin silloin, kun työmaalla on paljon louhintaa tai maaleikkausta, voi massaseurantataulukon käyttö olla hyödyllistä. Seurannan avulla voidaan myös varmistua siitä, että rahaliikenne kuljetusliikkeen ja yrityksen välillä pitää paikkaansa.

6 Massojen muunnokset

Maamassojen tilavuus muuttuu suhteessa niiden painoon eri käsittelyvaiheissa tapahtuvan löyhtymisen ja tiivistymisen vuoksi. Massojen määrien tarkastelua varten on olemassa eri tilavuuskäsitteitä, joiden avulla massojen tilavuuksia voidaan arvioida eri työvaiheissa. Suunnitelmissa massat ilmoitetaan teoreettisina tilavuuksina, jotka poikkeavat työmailla käsitellyistä tilavuuksista. Massojen kuljetuksissa yksikkö on kuitenkin tonnia kuutiometriä kohden, eli tn/m^3 . Massoja on täten tarpeen tarkastella eri yksiköiden avulla, jotta voidaan varmistua oikeista määristä eri tilanteissa. Tässä luvussa on esitelty maamassojen eri tilavuuskäsitteet, niiden väliset muuntokertoimet sekä yleisimpien rakennustyömaalla tavattavien massojen painot

6.1 Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet

Teoreettinen kiintotilavuus kuvaa laskennallisesti saatua teoreettista tilavuutta, joka voidaan laskea suunnitelmista. Sen lyhenteenä käytetään **m3ktr**. (Jääskeläinen 2010, 28.)

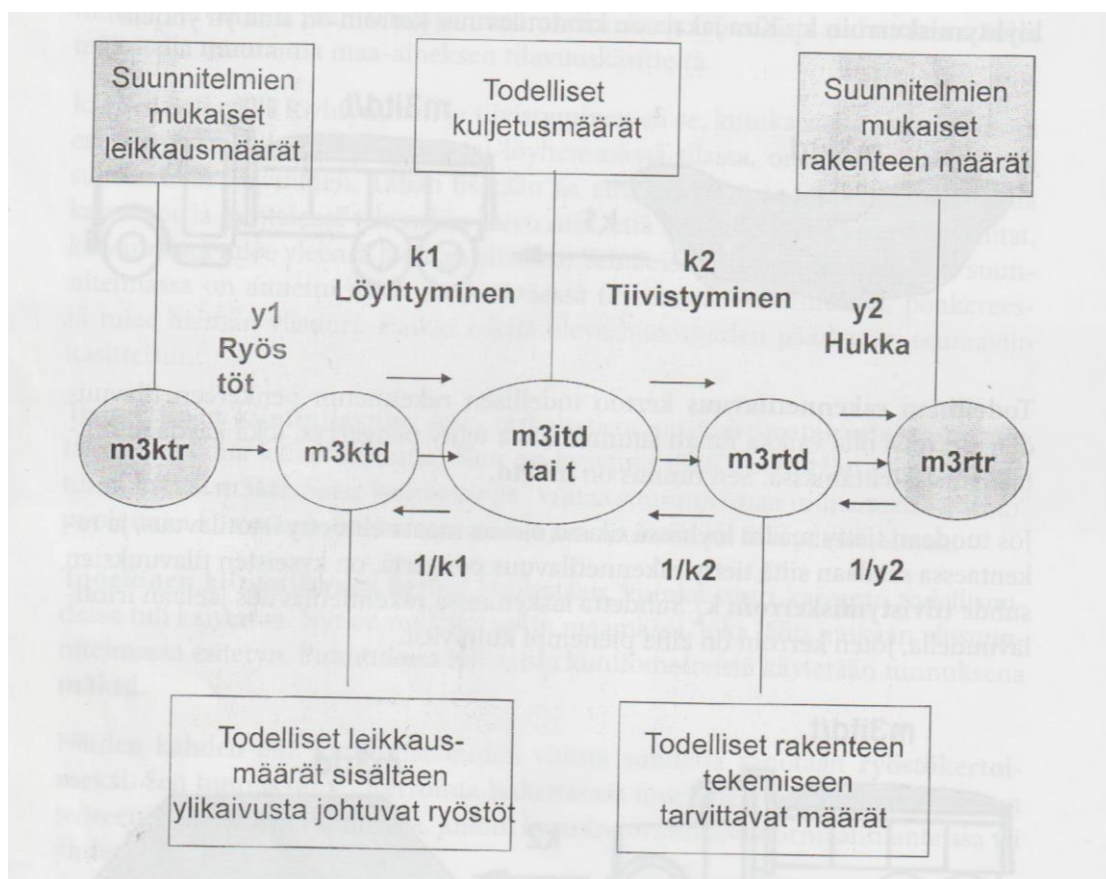
Todellinen kiintotilavuus kuvaa sitä maa-aineksen tilavuutta, joka on teoreettisen kiintotilavuuden mukaan pyritty kaivamaan ylös. Maa-ainekset löyhtyvät kaivettaessa, joten kaivetut massat ovat suunnitelmista laskettuihin massoihin nähden tilavuudeltaan suurempia. Todellisen kiintotilavuuden lyhenne on **m3ktd**. (Jääskeläinen 2010, 28.)

Todellinen irtotilavuus **m3itd** kuvaa maa-aineksen viemää tilavuutta kuljetuksen aikana tapahtuneen tiivistymisen seurauksena. Työmaalta lähtenyt maa-aines tiivistyy kuljetusmatkan aikana, minkä vuoksi vastaanottopaikassa maa-aineksen tilavuus on alkuperäistä pienempi. Kiviaineksen toimittajat ovat ottaneet tämän huomioon myymällä tuotteensa painon mukaan, jotta epäselvyyksiltä välttyttäisiin. (Jääskeläinen 2010, 28.)

Todellista rakennetilavuutta käytetään esimerkiksi todellisen rakennetun penkereen tilavuuden laskennassa. Auton lavalla löyhässä tilassa oleva maa-aines tiivistyy rakennettaessa ja tällöin massan tilavuus pienenee. Todellisen rakennetilavuuden lyhenne on **m3rtd**. (Jääskeläinen 2010, 29.)

Teoreettinen rakennetilavuus **m3rtr** saadaan laskemalla suunnitelmista esimerkiksi penkereen tilavuus valmiiksi rakenteeksi tiivistettynä. Todellisuudessa pengertä rakennettaessa rakenteesta tulee kuitenkin yleensä suunniteltua suurempi. (Jääskeläinen 2010, 29.)

Taulukko 8. Tilavuuskäsitteet ja niiden kertoimet (Jääskeläinen 2010, 30)



Tilavuuskäsitteiden välistä suuruutta kuvaavat ryöstö-, löyhtymis-, tiivistymis- ja täyttökertoimet. Näiden kertoimien avulla voidaan muuntaa eri tilavuuskäsitteitä eri työvaiheisiin sopivaksi, jolloin massojenhallinnasta saadaan tehokkaampaa yli- ja alirakentamisen vähentyessä.

Taulukko 9. Ryöstökertoimia tietyömailta mitattuna (Jääskeläinen 2010, 31)

Maalaji (GEO)	y_1-kerroin
Sa	1,05
Si	1,05
HHk	1,05
Hk	1,05
KHk	1,10
Sr	1,15
HkMr	1,10

Ryöstökerroin y_1 kuvastaa teoreettisen ja todellisen kiintotilavuuden välistä suhdetta. Ryöstökerroin saadaan jakamalla todellinen kiintotilavuus teoreettisella kiintotilavuudella. Kertomalla $m3ktr$ ryöstökertoimella saadaan $m3ktd$. (Jääskeläinen 2010, 28.)

Taulukko 10. Löyhtymiskertoimia tietyömailta mitattuna (Jääskeläinen 2010, 32)

Maalaji (GEO)	k_1-kerroin
Sa (kuivakuori)	1,60
Si	1,50
HHk	1,30
Hk	1,25
KHk	1,25
Sr	1,15
HkMr	1,35

Todellisen kiintotilavuuden ja todellisen irtotilavuuden välistä suhdetta kuvaa löyhtymiskerroin k_1 , mikä saadaan jakamalla todellinen irtotilavuus todellisella kiintotilavuudella. (Jääskeläinen 2010, 29.)

Taulukko 11. Tiivistymiskertoimia tienrakennuksessa (Jääskeläinen 2010, 32)

Rakenne	Maalaji (GEO)	y ₂ -kerroin
Penger	Si	0,65
	Hhk	0,70
	Hk	0,75
	KHk	0,70
	Sr	0,70
	HkMr	0,70
Suodatinkerros	Hk	0,75
Jakava kerros	Sr	0,70
	MSr	0,75
Kantava kerros	Sr	0,70
	MSr	0,75
	M	0,75

Tiivistymiskerroin k_2 saadaan jakamalla todellinen rakennetilavuus todellisella irtotilavuudella. Vastaavasti todellinen irtotilavuus voidaan kertoa tiivistymiskertoimella, jotta saadaan se muunnettua todelliseksi rakennetilavuudeksi. (Jääskeläinen 2010, 29.)

Taulukko 12. Täyttökertoimia kantavien pohjien rakentamisessa (Jääskeläinen 2010, 33)

Rakenne	y ₂ -kerroin
Penger	1,00
Suodatin- ja jakava kerros	0,90
Kantava kerros	0,90

Täyttökerroin y_2 saadaan jakamalla teoreettinen rakennetilavuus todellisella rakennetilavuudella. Rakenteen massat täytyy siis hieman ylittää, jotta tiivistymisen jälkeen rakenne on suunnitelman mukainen tilavuudeltaan. (Jääskeläinen 2010, 29.)

6.2 Massat tonneina

Maamassojen määrä ilmoitetaan tonneina kuutiometriä kohti, sillä massojen tilavuus vaihtelee massan käyttötilanteesta riippuen.

Taulukko 13. Soralaadut (Ventoniemen Sora Oy 2018)

Murskeet ja sepelit	Raekoko	Paino noin tn/kuutio
Sepeli	5-11mm	1,4
Sepeli	5-16mm	1,45
Soramurske	0-16mm	1,6
Soramurske	0-31mm	1,65
Soramurske	0-56mm	1,7
Soramurske	0-100mm	1,75
Kalliomurske	0-16mm	1,45
Kalliomurske	0-31mm	1,5
Kalliomurske	0-56mm	1,55
Kalliomurske	0-90mm	1,6
Kalliomurske	0-150mm	1,65

Taulukossa 13 on esitetty tyypillisten sora- ja murskelaatujen tilavuuspainoja. Massojen hinta määräytyy niiden painon mukaan, joten kuutioina lasketut massat tilataan työmaalle tonneina. Tonneina tilattujen massojen tilavuus saadaan jakamalla niiden kokonaispaino taulukon arvoilla, esimerkiksi kasetillinen KaM 0-90 mm painaa 52 tn, joten sen tilavuudeksi saadaan noin 32,5 m³.

7 Massojenhallintajärjestelmä

7.1 Tutkimustulosten yhteenveto

7.1.1 Toteutus

Tutkimus toteutettiin haastattelemalla yrityksen henkilöstöä, johon kuului työpäälliköitä, työmaapäälliköitä ja projekti-insinöörejä. Tutkimuksessa haastateltiin kahdeksaa työntekijää yrityksen kahdestakymmenestä työntekijästä. Haastateltavat valittiin yrityksen ohjaajien suositusten mukaan. Haastattelut suoritettiin kahdella eri työmaalla niin yksilö- kuin ryhmähaastatteluina sekä loput haastatteluista suoritettiin sähköpostin välityksellä.

Tutkimus toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna, jolla haettiin laadullista tietoa yrityksen massanhallinnan lähtötilanteesta ja kehitystarpeista. Samat haastattelukysymykset esiteltiin kaikille haastateltaville. Vastausten ennakointiin olevan erittäin vapaamuotoisia ja pohjautuvan henkilökohtaisiin mielipiteisiin, joten haastattelut toteutettiin rennon keskustelun ilmapiirissä, sillä vastausten laatua ei haluttu rajoittaa. Kysymyksiä selvennettiin tarvittaessa, jotta vastauksista saatiin validimpia. Vapaamuotoisimmista mielipiteistä ja keskusteluista koottiin oleelliset asiat kysymyksiin liittyen. Kysymyksissä käsiteltiin aiheita muun muassa massojen saatavuudesta, massojen toimitusten ajoittamisesta, kuljetusmatkoista ja kuljetusmatkojen kustannuksista.

Tutkimustulokset koottiin lopulta yhteen tiedostoon, kaikki haastatteluvastaukset kysymyksittäin lajiteltuina. Vastauksia saatiin koottua yhteensä seitsemän sivua. Useampan kertaan ilmenneet vastaukset poistettiin tulkinnan helpottamiseksi. Haastattelujen koonti käytiin yrityksessä teknisen johtajan ja tuotantojohtajan kanssa läpi ja samalla esiteltiin massanhallinnan järjestelmän ensimmäinen versio, joka oli luotu lähtötietojen pohjalta rungoksi. Tutkimuksen tulosten ja palaverien pohjalta luotiin yritykselle massanhallinnan järjestelmä.

7.1.2 Tutkimuksen tulokset

Yrityksen johdolta saatujen lähtötietojen mukaan massojen saatavuuteen liittyvän tiedon tiedettiin ennalta olevan hajanaista, joten yhdellä haastattelukysymyksellä pyrittiin kartoittamaan tiedon saannin haasteellisuutta työmailta käsin. Haastateltavilta kysyttiin,

kuinka helppoa on löytää tietoa kiviainestoimittajista ja ylijäämämaiden vastaanottopaikoista? Työmailta saadut vastaukset osoittivat, että suuremmista kiviainestoimittajista löytyy pääsääntöisesti hyvin tietoa, mutta pienempiä toimittajia löytää yleensä vain suullisen tiedon kautta. Ylijäämämaiden vastaanottopaikoista haastatellut kokivat olevan erittäin niukasti tietoa. Myös lupahauissa olevista vastaanottopaikoista kaivattiin tietoa ennen luvan myöntämistä, jotta niitä voidaan hyödyntää varhaisemmassa vaiheessa massojen hallintaa suunniteltaessa. Osa haastateltavista piti tiedon löytämistä helppona ja osa vaikeana, mikä voi johtua siitä, että selkeää rekisteriä näistä kohteista ei ole yleisesti saatavilla. Vastaukset vahvistivat käsitystä siitä, että tiedon saannin ja käsittelyn pitäisi olla järjestelmällisempää ja helpompaa.

Mahdollisista välivarastointipaikoista ei ollut työmailla tarpeeksi tietoa. Kahdella työmaalla oli erillistä välivarastoa hyödynnetty hankkeen aikana. Yhdellä työmaalla varastoitavat määrät olivat olleet alle 1000 m³ ja toisella noin 50 000 m³. Välivarastoinnin tiedetään olevan haasteellista pääkaupunkiseudulla, joten tämän tyyppisiä vastauksia osattiin odottaa. Tietoa saatiin kuitenkin siitä, että välivarastointipaikkoja on käytetty hyödyksi toiminnassa, ja että mahdollisista paikoista olisi hyvä saada henkilöstön käyttöön tietoa.

Haastateltavilta kysyttiin, *kuinka usein massojen saatavuus vaikuttaa työvaiheen toteutumiseen aikataulussa*. Työmailla oltiin valmiita aikaistamaan työvaiheita, jos hyvälaatuisia massoja olisi saatavilla kustannustehokkaaseen hintaan. Yksi vastaus korosti vaihtoehtojen lukumäärää, jos soveltuvia massoja ei löydy. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että massojen kustannusvertailua ja työvaiheiden aikataulutusta voidaan toteuttaa tehokkaammin, jos on enemmän vaihtoehtoja, mistä valita.

Haastateltavat kokivat oleelliseksi massoista saatavan tiedon ajantasaisuuden ja sen, että tietoa on ylipäättänsä saatavilla mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämän arvioitiin vaikuttavan paljon hankkeen kustannuksiin ja aikataulutukseen. Oleellista on, että pois ajettaville massoille olisi sijainti tiedossa, muun muassa tilan puutteen vuoksi työmaalla. Saatavuuden on koettu olevan joskus huonoa hyvien massojen ja varsinkin pienlouheen ja kivituhkan osalta. Saven, savisen moreenin ja stabiloitujen maiden vastaanotto koettiin haasteelliseksi, osin vastaanottopaikkojen tiedonpuutteen vuoksi. Vastausten perusteella on selvää, että ajantasaista ja järjestelmällisesti kerättyä tietoa massojen saatavuudesta ja vastaanotosta tarvitaan, jotta työmaan massataloutta ja tilankäyttöä voidaan tehostaa.

Työmaiden sisäiset massansiirrot, sekä meno-paluuliikenteen järjestäminen koettiin hyvänä tapana tehostaa massojen hallintaa työmaa-olosuhteissa. Kuljetusten kustannuksia pidetään yhtenä suurimpana tekijänä työmaan taloudessa. Kuljetusten enimmäispituutena pääkaupunkiseudulla haastatellut pitivät 15-40 kilometriä/suunta, keskiarvon ollessa noin 20 kilometrissä/suunta.

Haastateltavien mukaan kuljetuskustannuksia voidaan pienentää hyötykäyttämällä massoja enemmän työmailla ja yrityksen omien työmaiden välillä. Tavoitteena olisi, että vain ylimääräiset massat ajettaisiin ylijäämämaiden vastaanottopisteisiin. Yrityksen työmaiden välillä massojen liikkuvuus on ollut vaihtelevaa. Osa työmaista ei ole käynyt kauppaa muiden yrityksen työmaiden välillä massoista ja osalla työmaista massakauppa on käyty jopa 18 000 m³ määrillä hankkeen aikana. Sisäinen tiedottaminen tarjonnasta koettiin vaihtelevasti joko hyväksi tai huonoksi. Työmaat tiedottavat itsenäisesti tarjonnastaan, joten jos tarjonnasta ei ilmoiteta muille, eivät he voi myöskään näitä massoja hyödyntää omilla työmaillaan.

Massatasapainon tehostamiseksi pidettiin parhaimpina vaihtoehtoina massanhallinnan yleistä suunnittelua ja massojen määrien ymmärtämistä. Työmailla toivottiin, että massojen käyttö otettaisiin paremmin huomioon myös laskennassa.

Haastatteluvastaukset tukivat olettamusta massanhallinnan lähtötilanteesta, jonka pohjalta opinnäytetyötä alun perin alettiin työstämään. Vastauksista on tulkittavissa tiedon hajanaisuus, sillä yhteneviä vastauksia ei liiemmin ilmennyt. Oletettavaa on, että jos samat haastattelukysymykset esitetään myöhemmin, kun massanhallinnan järjestelmä on otettu käyttöön, olisivat vastaukset suurella todennäköisyydellä yhteneväisempiä. Yleisellä tasolla saadut vastaukset korostivat sitä, että vaihtoehtoja tarvitaan lisää ja että tiedon pitäisi olla ajantasaista. Kuljetuksia voitaisiin myös suunnitella paremmin, jos vaihtoehdot sijainteineen olisivat helpommin vertailtavissa keskenään.

7.2 Massanhallinnan järjestelmän käyttäminen

7.2.1 Lähtötiedot

Massanhallinnan järjestelmän taulukot on jaettu viidelle eri välilehdelle, joita ovat: *Työmaat, kiviainestoimittajat, varastointialueet, ylijäämämaan vastaanotto ja käyttöohjeet.*

Käyttöohjeissa on kerrottu, miten taulukoita tulisi täyttää, jotta järjestelmän itsenäinen käyttö helpottuisi. Ohjeissa on myös korostettu, että ennen noutoja tai toimituksia on aina kohteen yhteyshenkilöön oltava yhteydessä. Järjestelmä ei anna lupaa työnjohtajalle esimerkiksi saven ajoon ylijäämään vastaanottopaikalle omatoimisesti ilman, että vastaanottajaan ollaan yhteydessä etukäteen. Välilehdet on muokattu graafiselta ilmeeltään yrityksen mallin mukaisiksi, jossa taulukosta on pyritty luomaan ammattimaisen näköinen ja selkeä käyttö.

Massanhallinnan järjestelmä on jaettu kahteen osaan, täytettäviin taulukoihin ja taulukoiden tiedot esittävään 3D-karttaan. Kartalla esitettävät tiedot on toteutettu esitettävää tietoa valikoiden, jotta karttaa voidaan käyttää optimaalisesti. 3D-kartta soveltuu myös hyvin presentaatioiden avuksi, joten kaikkea tietoa ei karttaan ole ollut järkevää lisätä. Tarkemmat tiedot esimerkiksi kiviainestoimittajista saadaan taulukoista, joita työmaiden ja toimiston henkilöstö täyttää itsenäisesti. Karttasovellus avataan taulukkonäkymästä, joten oleellinen tieto on heti ensimmäisillä näkymillä sovellusta avattaessa.

7.2.2 Taulukoiden täyttäminen

Työmaa-välilehden (ks. liite 2) taulukoihin täytetään työmailla ylijäävien massojen ja tarvittavien massojen tiedot, kuten materiaalin tyyppi, määrä ja aikaväli, jolla kyseisiä massoja voidaan hyödyntää. Tarjolla ja tarvitaan -sarakkeisiin merkitään massat lyhenteiden avulla, sillä taulukko syöttää tiedot 3D Mapsin karttasovelluksen tietokortteihin, joissa tiedot pyritään esittämään tilaa säästävasti kohteiden lukumäärän vuoksi. Kuvan 14 mukainen osa taulukosta käsittää *työmaan sisäisen massapörssin* tietokentät.

Taulukko 14. Massanhallinnan järjestelmän työmaa-välilehden työmaiden tarjonta.

Tarjolla	Määrä	Aika	Tarvitaan	Määrä2	Aika2

Kiviainestoimittajat-välilehdelle kerätään yrityksen henkilöstöltä ajantasaista tietoa massojen toimittajista. Taulukkoon kirjataan tietoja niin isoista, kuin pienistäkin toimittajista. Soluihin syötetään toimittajan osoite- ja yhteystiedot, tuotteet sekä pienempien toimittajien kohdalla tarjonnan aikaväli. Taulukkoon liitetään suuremmille kiviainestoi-

mittajille hinnasto, jotta hankintapäätös on mahdollista tehdä pelkän massanhallintajärjestelmän avulla.

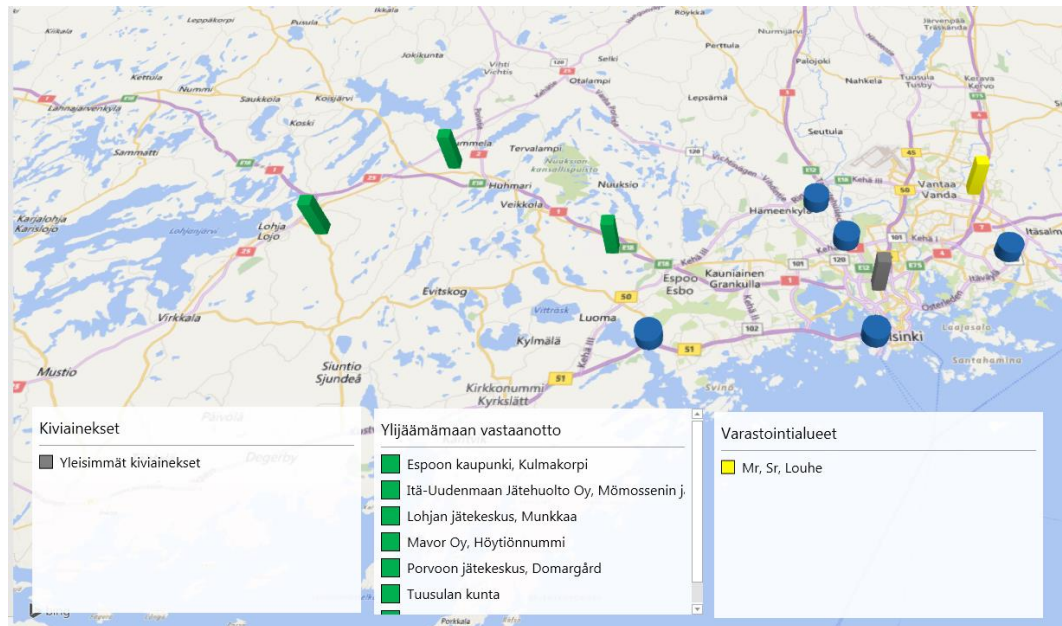
Varastointialueet-välilehdelle kirjataan tiedot uusista varastointialueista. Soluihin merkitään varastointipaikan osoitetiedot, yhteys henkilön tiedot, varastoitavat materiaalit, varastoitavat määrärajoitukset sekä aikaväli varastointialueen käytölle. Ylijäämämaiden vastaanottopaikoista kerätään tiedot omalle välilehdelle. Soluihin täytetään vastaanottopaikkojen sijaintitiedot, vastaanottajan nimi ja yhteys henkilön tiedot.

7.2.3 Taulukoiden toiminta

Edellä kuvattujen tietojen syöttäminen taulukoiden soluihin tehdään käsin. Taulukoiden kaikki täytettävät solut on lisätty 3D-karttatyökaluun, joka on mukautettu hyödyntämään muun muassa osoitetiedot kaikilta välilehdiltä ja näyttämään ne oikeilla sijainneillaan kartalla. 3D Mapsissa kohteiden sijoittamiseen kartalla vaaditaan taulukoista kerättäväksi tiedot kohteen maasta, kaupungista ja katuosoitteesta. Tämän jälkeen kartalle saadaan sijoitettua kohteet, jotka on eroteltu toisistaan eri väreillä. 3D-kartan päivittämisen jälkeen saadaan kartalla esitellyille kohteille päivitettyä tietokortit, joihin on kerätty tiedot taulukoiden eri soluista.

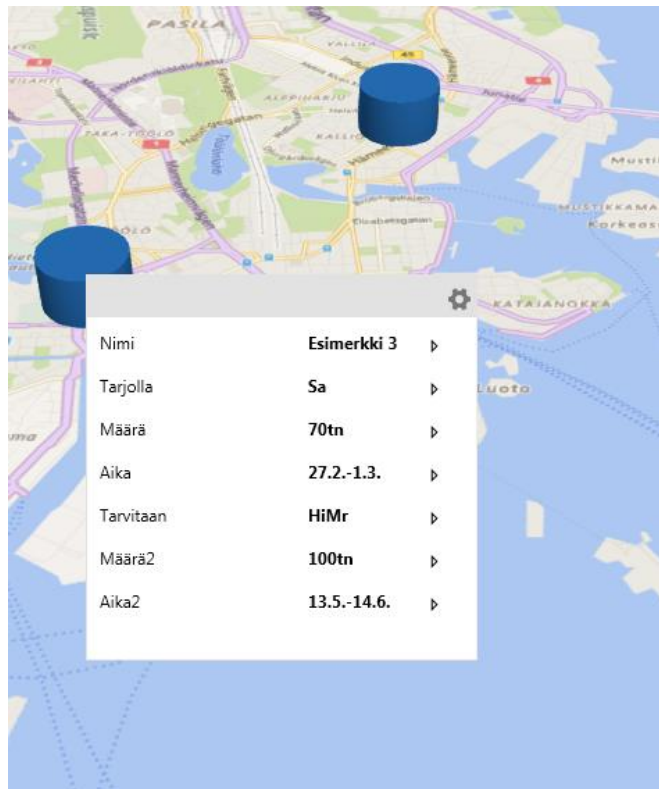
7.2.4 3D-kartan ominaisuudet

Uudemmat Excel-versiot sisältävät 3D Maps -työkalun, jonka avulla voidaan tietoja tarkastella karttapohjalla. Massanhallinnan järjestelmän karttatyökalu näyttää työmaiden, kiviainestoitimittajien, varastointialueiden ja ylijäämämaiden vastaanottopaikkojen sijainnit erivärisinä pylväinä kuvan 1 mukaisesti. Karttaa on mahdollista pyöritellä, tarkentaa ja loitontaa hiiren avulla, minkä rooli korostuu varsinkin silloin, kun kartalla on useita kohteita pienellä alueella.



Kuva 1. Massanhallinnan järjestelmän 3D-kartan yleiskuva.

Kohteita on mahdollista tarkastella tarkemmin viemällä hiiri kohteen päälle, jolloin kohteesta avautuu tietokortti. Tietokortin sisältöä on esitelty kuvassa 2. Tietokortin avulla kohteesta on mahdollista saada nopealla silmäyksellä tarvittavat tiedot. Kiireisellä työmaalla on oleellista, että tarvittava tieto on heti saatavilla, jotta tiedon etsimiseen ei tarvitse tuhlaa tärkeitä resursseja.



Kuva 2. Massanhallinnan järjestelmän 3D-kartan tarkennetut kohdetiedot.

3D-karttatyökalu tarvitsee päivittää manuaalisesti, kun taulukoihin on päivitetty tietoja. Massanhallinnan järjestelmän käyttöohjeissa sekä kartan yläreunaan liitettyssä tekstilaatikossa on annettu ohjeet kartan päivittämisestä, jotta kartan tiedot saadaan päivitettyä taulukoista. Kartan yläreunasta löytyy painike, jolla kaikki tiedot päivittyvät kerralla kohteiden sijainteja ja tietokortteja myöten.

7.2.5 Soveltuvuus

Massanhallinnan järjestelmä soveltuu hyvin työmaan omaan massanhallintaan. Työnjohtajien on helppoa seurata kartan avulla, minkälaista tarjontaa lähialueilla on. Varsinkin uusia työnjohtajia järjestelmä tulee auttamaan, kun kaikki tarvittava tieto on helposti saatavilla. Järjestelmän voidaan odottaa vähentävän massanhallintaan käytettävää aikaa, sillä massanhallintaa on helpompi toteuttaa ja ennakoida.

Toimistolla massanhallinnanjärjestelmä on suuressa roolissa, kun hankkeiden massoja lasketaan. Laskenta voi ottaa entistä tehokkaammin huomioon työmaan lähialueen massojen tarjonnan. Tällä on vaikutusta massojen hinnoitteluun sekä kuljetusten hin-

noitteluun, jotka edelleen näkyvät tarjousten hinnoissa. Halvemmillä tarjouksilla voidaan usein saada varmemmin uusia työmaita. Massanhallinnan järjestelmää voidaan myös hyödyntää erilaisten henkilöstöpalaverien ja koulutusten tukimateriaalina. Yritys voi myös tehdä päätöksiä tarvittavista varastointialueista, jos useampi työmaa on sijoitettu niin, että varastointialueesta saataisiin merkittävää taloudellista hyötyä.

7.2.6 Jatkokehitys

Taulukoiden tietokenttiä ja ulkoasua on helppo muokata yrityksen tulevaisuuden tarpeiden mukaan Excelin monipuolisten ominaisuuksien vuoksi. 3D-karttaan syötetyt tiedot ovat yksinkertaisia määritellä uudestaan, mutta 3D Mapsin rajoittuneisuuden vuoksi välilehdet on yksinkertaisinta kopioida uuteen Exceliin. Karttasovellus kannattaa luoda uudestaan tuoreesta tiedostosta, koska uudet tietoaalueet kerääntyvät karttasovellukseen, eikä niitä voi sieltä poistaa. Kokonaisuudessaan uuden, päivitetyn version uudelleen luonti ja tietojen siirtäminen 3D-karttaan onnistuu työn laajuudesta riippuen alle tunnissa, mikä on kohtuullinen aika suurempien muutosten teon päivittämisessä.

Massanhallinnan järjestelmän jatkokehitykseen varten on Excel-pohjaista järjestelmää pääsääntöisesti helppo muokata. 3D-kartan ominaisuudet ovat kuitenkin erittäin rajalliset Excelin muihin ominaisuuksiin verrattuna. 3D Maps tarjoaa erilaisia karttanäkymiä, mutta tulevaisuudessa satelliittikarttanäkymän käyttöön ottaminen on kiinnostanut kohdeyritystä. Excelin nykyisissä versioissa tätä ominaisuutta ei ainakaan vielä ole. Myöhemmin massanhallinnan järjestelmä voidaan halutessaan toteuttaa täysin uudelle pohjalle, kuten internetpohjaisena tai erillisen sovelluksen kautta, jos sen halutaan sisältävän erilaisia ominaisuuksia. Kohdeyrityksen on tällöin ulkoistettava uuden järjestelmän toteutus lähes täysin asiantuntevalle ohjelmistokehittäjälle tai verkkosivujen toimintaan erikoistuneelle yritykselle. Excelin voidaan todeta olevan tässä vaiheessa kustannustehokas, yksinkertainen ja vahva sovellus useimpien ideoiden toteuttamiseen.

8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Pohjola Rakennus Oy Infralle massanhallinnan järjestelmä. Tavoitteena oli selvittää, kuinka haastavaa on löytää tietoa massanhallinnan eri kohteista ja kuinka yrityksen sisäistä ja ulkoista massanhallintaa voidaan tehostaa. Tavoitteena oli myös selvittää, mitä ja minkälaista tietoa massanhallinnan eri kohteista jatkossa tarvitaan.

Tutkimustulosten avulla saatiin oleellista tietoa siitä, miten haastavana yrityksen henkilöstö piti massanhallinnan eri kohteiden tiedon saantia. Tutkimuksen avulla selvitettiin myös tarve sille, että yrityksen omien työmaiden välistä massanhallintaa voidaan parantaa, kun työmaiden massojen tarjonta ja tarve saadaan ajantasaisena kaikkien tietoon. Järjestelmän sisältämät taulukot ja kartan esittämät tiedot valikoitiin sen pohjalta, mitä haastateltavat kokivat oleelliseksi. Tutkimuksesta saadun tiedon avulla ymmärrettiin kehittää massanhallinnan järjestelmästä helppokäyttöinen työkalu, joka pohjautuu tiedot ajantasaisuuteen. Opinnäytetyön alussa asetetut tavoitteet täten toteutuivat onnistuneesti.

Massanhallinnassa oleellista on se, että ymmärretään hankkeen massat ja niiden ominaisuudet. Työssä perehdyttiin rakentamisen eri maalajeihin, niiden ominaisuuksiin sekä käsitteisiin, joiden avulla massanhallintaa toteutetaan työmaalla käytännössä. Massoissa on paljon ominaispiirteitä, joita on otettava huomioon, jos massoja halutaan hallita työmaan talouden ja eri työvaiheiden kannalta optimaalisesti. Varsinkin suurimmissa määrissä massojen tuntemus korostuu.

Massanhallinnan järjestelmää varten perehdyttiin lainsäädäntöön, lupiin ja rakennussuunnitelmien rajoituksiin. Kaikkien massanhallinnan kohteiden osalta voidaan todeta, että niiden perustaminen on yritykselle monimutkaista, tarkkaa ja siksi haastavaa. Esimerkiksi varastointipaikat voivat olla usein hyödyllisiä yritykselle, mutta lainsäädäntö tekee niiden käytöstä haastavaa. Näiden taustatietojen pohjalta massanhallintaa on helpompi ymmärtää, sekä myös tarvittaessa suunnitella koko yrityksen toiminnan tasolla.

Kiviainestoimittajiin, varastointialueisiin sekä maankaatopaikkoihin ja ylijäämämaiden vastaanottopaikkoihin perehdyttiin, jotta niiden käyttöä ulkoisten massojen hallinnassa opittiin ymmärtämään paremmin. Hankkeen massat tulevat aina jostain työmaalle, ja

ylimääräiset ajetaan sieltä pois. Edellä kuvattujen toimijoiden toimintaperiaatteiden ymmärtäminen on edellytys massojen hallinnan suunnittelulle. Hankkeen massojen ulkopuolisista toimijoista aiheutuu paljon kustannuksia yritykselle, muun muassa jätemaksujen muodossa.

Massalaskentaan perehdyttiin, sillä työmailla harvoin on sellaista tilannetta, että työnjohdolla on suoraan selvillä tarvittavat massamäärät eri rakennekerroksiin ja työvaiheisiin. Kokonaismassat ovat usein hankkeen laskennan jälkeen selvillä, mutta arkipäivän laskuja on silti tehtävä, jotta rakenteisiin tilattavat massat voidaan määritellä oikein. Yksinkertaisten massalaskentaperiaatteiden avulla massanhallinnan järjestelmää voidaan käyttää optimaalisesti, aikaa ja rahaa säästäen.

Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen aineistona käytettiin infra-alan ammattikirjallisuutta, tutkimuksia, ohjeita ja julkaisuja sekä materiaalitoimittajien verkkosivuja ja lainsäädäntöä. Kirjallista materiaalia on aiheesta vähän saatavilla, ja muutamat hyvät lähteet olivatkin lähes 18 vuotta vanhoja. Suuri osa näiden lähteiden sisällöstä on pitkälle ajasta riippumatonta. Tuoretta tietoa löytyi myös hyvin niihin aiheisiin, missä tuoreempaa tietoa oli aiheellista hyödyntää, kuten lainsäädännön osalta.

Kehitystyön tuloksena luotiin sähköinen työkalu Excelillä yrityksen sisä- ja ulkopuolisten massojen hallintaa varten. Järjestelmän taulukoihin kerätään yrityksen henkilöstöltä ajantasaista tietoa yrityksen omien työmaiden massatarjonnasta, ulkopuolisista kiviainestoimittajista, ylijäämämaiden vastaanottopaikoista ja varastointialueista. Järjestelmä yhdistää taulukoiden tietoja 3D-karttaan, joka näyttää sijainnit kohteille, sekä niihin liittyviä tarkempia tietoja. Massanhallinnan järjestelmän avulla yritys voi koota massanhallintaan liittyvää tietoa ja siten tehdä tiedon käsittelystä järjestelmällistä. Tämä auttaa yritystä suunnittelemaan hankkeiden massoja tehokkaammin, niin ajankäytön kuin kustannustenkin osalta. Järjestelmä palvelee myös työmaiden tarpeita toimimalla tietopankkina työmaalle oleellisista massanhallinnan kohteista sekä tarjoamalla yrityksen työmaille kanavan hallita massoja työmaiden välillä.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin alkuvuodesta 2018. Omakohtaisen infra-alan ja tietoteknisen kokemuksen sekä lähteiden helpon saatavuuden vuoksi opinnäytetyö toteutettiin lyhyessä ajassa. Opinnäytetyön kirjoittaminen oli tulevalle insinöörille mielenkiintoinen ja opettavainen prosessi. Sen aikana selvisi paljon käytännöllistä tietoa, josta on hyötyä opiskelijan tämänhetkissä ja tulevaisuudessa työtehtävissä. Ajankäytön suh-

teen oli pieniä haasteita, mutta kirjoittaminen oli aina luontevaa. Opinnäytetyön tekijä on tyytyväinen opinnäytetyöhönsä kokonaisuutena.

Lähteet

Geologian tutkimuskeskus. Kalliokiviainekset. Päivitetty 17.2.2018. Luettu 17.2.2018. (http://www.gtk.fi/_system/print.html?from=/geologia/luonnonvarat/kalliokiviaines/index.html)

HARTIKAINEN Olli-Pekka, 2000. Maarakennustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy

Infra. Ylijäämämaat ja purkubetonit kiertoon. Julkaistu 15.1.2018. Luettu 17.2.2018. (<http://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Ajankohtaista/tiedotteet2-kansio/2018/ylijaamamassat-ja-purkubetoni-kiertoon/>)

JäteL 646/2011. Jätelaki. Voimaantulo 1.5.2012. Viim muutos 1.1.2018. Viitattu 14.3.2018. (<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>)

JÄÄSKELÄINEN Raimo, 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: Tammertekniikka / AMK-Kustannus Oy

JÄÄSKELÄINEN Raimo, 2011. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä: Bookwell Oy

Kekkilä, 2018. Usein kysytyt kysymykset. Luettu 8.3.2018. (<https://www.kekkila.fi/ukk/>)

Liikennevirasto, 2014. Tien perustamistavan valinta. Helsinki: Liikennevirasto. (https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lop_2014-02_tien_perustamistavan_web.pdf)

MaaRYL 2010, 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Kolofon: Rakennustieto Oy

OLIN Tiina, 2015. Infrarakentajan ympäristöopas. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy

PANK, 2018. Asfaltit, niiden suunnittelu, valmistus ja laatuvaatimukset. Päivitetty 17.4.2018. Luettu 17.4.2018. (<http://www.pank.fi/tekniset-vaatimukset/muut-julkaisut/opinnaytteet-ja-muut-selvitykset/asfalttialan-oppimateriaali-asko>)

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, 1998. Rakennustieto Oy

RONKAINEN Nanna, 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

(https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38773/SY2_2012_Suomen_maalajien_ominaisuuksia.pdf)

RÄSÄNEN, Mika. 2016. Maapadot, läjitys, maanotto ja melusuojaukset. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tielaitos, 1999. Murskaustyöt. Helsinki: Tiehallinto.
(https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf2/3700_murskaustyot.pdf)

Ventoniemen Sora Oy. Soralaadut. Päivitetty 2018. Luettu 23.2.2018.
(<http://www.ventoniemi.fi/sora/soralaadut.php>)

VN 800/2010. Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta. Annettu 16.9.2010. Viim. muutos 1.6.2017. Viitattu 14.3.2018. (<https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2010/20100800>)

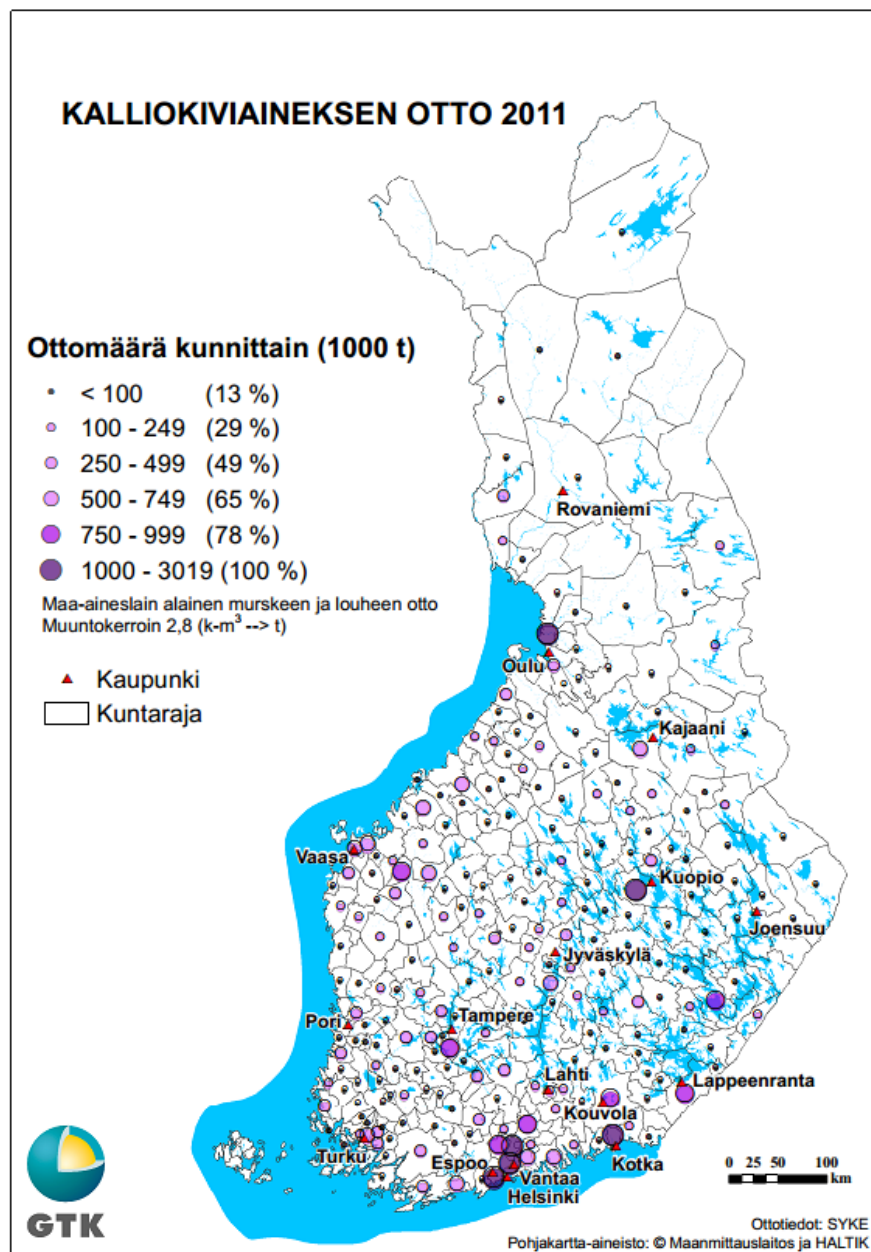
VN 19.4.2012/179. Valtioneuvoston asetus jätteistä. Voimaantulo 1.5.2012. Viim. muutos 1.4.2017. Viitattu 14.3.2018. (<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>)

VTT, 2008. Tutkimusraportti. Moreeni tehokäyttöön!
(http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/HUUMA_Final.pdf)

Ympäristöhallinto. Kallion murskaaminen korvaa soranottoa. Julkaistu 15.4.2015. Luettu 2.2.2018. ([http://www.ymparisto.fi/FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnonvarat/Kallion_murskaaminen_korvaa_soranottoa\(27946\)\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnonvarat/Kallion_murskaaminen_korvaa_soranottoa(27946))))

YSL 527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Voimaantulo 27.6.2014. Viim. muutos 1.1.2018. Viitattu 14.3.2018. (<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>)

Geologian tutkimuskeskus. Kalliokiviainesten otto 2011.



Massanhallinnan järjestelmän työmaat-välilehti.

[illegible]